

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

E.A.P. DE ODONTOLOGÍA

**MICRODUREZA SUPERFICIAL EN RESINAS DE
NANOTECNOLOGIA, APLICADAS EN UN SOLO
BLOQUE: ESTUDIO IN VITRO**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

AUTOR

Carmen Rosa Lopez Carranza

Lima – Perú

2015

JURADO DE SUSTENTACIÓN

Presidente: Mg. C.D. Romel Armando Watanabe Velásquez

Miembro: Mg. C.D. Jorge Luis Armando Alamo Palomino.

Miembro (Asesor): C.D. Esp. María Elena Núñez Lizárraga.

A Dios por su infinito amor, por ser aquel rayo de luz y esperanza que ilumina mi camino.

A la memoria de mi padre Víctor López Romero, por haber dejado mi camino ya emprendido y dejarme la guía para poder seguirlo.

A mi madre Salome Carranza Blas, por todo el amor que me brinda, por su esfuerzo día a día, por enseñarme con su ejemplo a ser perseverante y luchar por lo que deseo en esta vida.

A mi hermano Marco, si hoy puedo escribir estas líneas es gracias a tu gran ayuda durante mis años de estudio.

A mis hermanas, Sofía, Verónica y Rosmely, por brindarme su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y sabios consejos, por ayudarme a seguir adelante y no desmayar en el camino.

A mi madrina Neddita por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi familia y amigos, por brindarme su cariño, la fuerza necesaria para seguir avanzando.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mi asesora la Dra. María Elena Núñez Lizárraga, por brindarme su apoyo constante, en la realización de este trabajo.

Al Dr. Sergio Alvarado Menacho por sus conocimientos impartidos y ayuda constante en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Jorge Alamo Palomino por su orientación y apoyo en la realización del presente estudio.

Al Dr. Jhon Mezarina Mendoza por el interés desarrollado en el tema y orientación continua.

A todos aquellos amigos quienes de alguna manera, ayudaron en la realización de la presente investigación.

A mi Alma Mater “Universidad Nacional Mayor de San Marcos” por albergarme en sus brazos, todos estos años de vida universitaria.

Muchas gracias.

RESUMEN

Las propiedades físicas de las resinas compuestas son muy importantes por ello el objetivo del presente estudio fue comparar la microdureza superficial de dos resinas nanohíbridas, aplicadas en bloque – in vitro. Para la muestra se elaboraron bloques cilíndricos de 8mm de diámetro por 4 mm de altura, 10 fueron elaborados con resina nanohíbrida Sonic Fill™ (resina A) y 10 con la resina Tetric Evoceram® BulkFill (resina B), siendo polimerizadas por LED a 20 segundos para luego ser almacenadas en suero fisiológico a 37°C durante 24h. Se realizó la medición de la microdureza de todas las muestras con un microdurómetro aplicando una carga de 500gr por 10 segundos para finalmente ser observados en un microscopio a 20x. En cada muestra se realizó cinco indentaciones sacando un promedio para el resultado final de cada muestra. Los datos fueron sometidos a la prueba T-Student con un nivel de confianza de 95%. Los resultados mostraron que el grupo de resina compuesta nanohíbrida A presentó un promedio de microdureza superficial de 72.78, mientras que el grupo de la resina nanohíbrida B presentó un promedio de microdureza de 51.54. Los datos mostraron un $p=0.000$ siendo estadísticamente significativa entre las resinas evaluadas. Se concluyó que la resina compuesta nanohíbrida A fue la que presentó mayor valor de microdureza respecto a la resina nanohíbrida B.

Palabras claves: dureza - resinas compuestas - nanopartículas.

SUMMARY

The physical properties of composite resins are very important so the aim of this study was to compare the microhardness two nanohybrid resins, applied block - in vitro. For the sample were prepared cylindrical blocks of 8mm of diameter per 4mm of high, 10 were prepared with nanohybrid resin called Sonic Fill™ (resina A) and 10 with resin called TetricEvoceram® BulkFill (resin B), them were polymerized by LED to 20 seconds after that were stored in physiological saline to 37°C during 24 hours. The measurement of microhardness was realized with a microhardness applying a charge of 500gr per 10 seconds and finally they were observed in a microscope to 20x. For each sample were realized five indentations obtaining an average for the result of each sample. Data was evaluated in a T-Student test with a confidence level of 95%. The results showed that the group of composite nanohybrid resin A indicated an average of microhardness of 72.78, while the group of nanohybrid resin B indicated a average of microhardness of 51.54. Data showed a $p=0.000$ being statistically significant between the resins were evaluated. In conclusion the composite nanohybrid resin A indicated higher value of microhardness compared to the nanohybrid resin B.

Keywords: hardness - nanohybrid resin - nanoparticles.

INDICE

I.- Introducción	12
II.- Problema de Investigación	14
2.1 Área Problema	14
2.2 Delimitación del problema:	15
2.3 Formulación del Problema	16
2.4 Objetivos	16
2.4.1 Objetivo General	16
2.4.2 Objetivos específicos	16
2.5 Justificación	17
2.6 Limitaciones	17
III.- Marco Teórico	18
3.1 Antecedentes	18
3.2 Bases Teóricas	22
3.2.1 Resinas Compuestas	22
3.2.1.1 Composición de las resinas compuestas:	23
3.2.1.2 clasificación de las resinas compuestas	27
3.2.1.3 propiedades de las resinas compuestas	31
3.2.2 Resinas compuestas usadas en el estudio	35
3.2.3 dureza superficial	39
3.3 Definición de términos	46
3.4 Hipótesis	48
3.5 Operaciones de Variables	49
IV.- Metodología	50
4.1 Tipo de investigación	50
4.2 Muestra	50
4.3 Procedimientos y técnicas	50
4.3.1 Obtención de permisos	50
4.3.2 Confección de las muestras de resina	50
4.3.3. Medición de la microdureza superficial	53

4.4 procesamiento de datos:.....	54
4.5 analisis de resultados:.....	54
V. RESULTADOS	55
VI. DISCUSION	59
VII. CONCLUSIONES	62
VIII. RECOMENDACIONES	63
IX. BIBLIOGRAFIA	54
VI.- ANEXOS :	71

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN N°1: Estructura de las Resinas Compuestas	23
IMAGEN N°2: Unión de Resina a Relleno a través de partículas de Silano.	26
IMAGEN N°3: Materiales	73
IMAGEN N°4: Resina A	74
IMAGEN N°5: Resina B	74
IMAGEN N°6: Relleno de la resina A al molde	75
IMAGEN N°7: Relleno de la resina B al molde	75
IMAGEN N°8: Presión para eliminar burbujas	76
IMAGEN N°9: Eliminación de excesos con un porta objetos.....	76
IMAGEN N°10: Fotocurado de la probeta.....	77
IMAGEN N°11: Retiro de la probeta del molde.....	77
IMAGEN N°12: Pulido de la probeta.....	78
IMAGEN N°13: Codificación	78
IMAGEN N°14: Probetas en suero fisiológico.....	79
IMAGEN N°15: Laboratorio de materiales	80
IMAGEN N°16: Durómetro vicker	80
IMAGEN N° 17: Indentación en la probeta	81

LISTA DE TABLAS

TABLA N°1: Análisis de media de la resina A.....	56
TABLA N°2: Análisis de media de la resina B.....	56
TABLA N°3: T-Student para comparar microdureza superficial entre resina compuesta nanohibrida A y B.....	58

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO N°1: Valores máximos y mínimos de microdureza superficial para la resina A y B.....	57
---	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO N⁰1 : ficha de recoleccion de datos	72
ANEXO N⁰2 : fotos de materiales	73
ANEXO N⁰3 :resinas usadas en el estudio	74
ANEXO N⁰4 :elaboracion de probetas	75
ANEXO N⁰5 :fotos del laboratorio de materiales y durometro	80
ANEXO N⁰6 : Microfotografías del ensayo de laboratorio donde muestra las indentaciones a una carga de 500g en un intervalo de 10 segundos	82
ANEXO N⁰7 : Cuadro de valores de microdureza superficial.....	92

I. INTRODUCCION

Las resinas compuestas son materiales sintéticos que, como su nombre lo indica, integran diferentes moléculas que suelen formar estructuras resistentes y livianas. Estos materiales son ampliamente utilizados debido a sus excelentes características estéticas y facilidad de manejo.

Como el rendimiento del compuesto ha mejorado, junto con la creciente demanda de perfección estética, los odontólogos recomiendan usar compuestos a base de resina que presentan una gran biocompatibilidad y mejores propiedades físicas, como el aumento de la resistencia al desgaste y mayor dureza superficial, ya que están formadas por nanopartículas, lo que mejora su superficie, facilitando el modelado y pulido final con un mejor acabado estético. Las resinas compuestas son una buena respuesta para la necesidad operatoria estética de los pacientes en la actualidad, pero su adecuado uso en el sector posterior implica adecuadas propiedades mecánicas.

En busca de mejorar estas propiedades surgen en el mercado otra alternativa de restauración para el sector posterior es así que se han desarrollado nuevas resinas compuestas que no solo cambian su estructura, sino que también el procedimiento clínico restaurador, eliminando la técnica incremental de restauración y utilizando el material en un solo bloque (técnica monoincremental).

Dentro de esta nueva generación de materiales, encontramos las resinas compuestas nanohíbridas, SonicFill™ y Tetric Evoceram® BulkFill, que a partir de este momento las llamaremos resina A y resina B respectivamente.

Estas resinas compuestas nanohíbridas permiten realizar restauraciones posteriores con un procedimiento sencillo, de un solo paso operatorio así optimizar el tiempo de trabajo sin alterar sus resultados clínicos. Sin embargo, al ser fotoactivadas en grandes incrementos (hasta 5mm de profundidad) queda la duda si se logrará un

material con adecuadas propiedades físicas como el factor de contracción, profundidad de polimerización, microdureza entre otros.

Por todo lo expuesto, el propósito de este estudio es determinar y comparar el grado la microdureza superficial de la resina A analizándolo comparativamente con la resina B.

II. Problema de Investigación

2.1 Área Problema

Hay una serie de causas para la pérdida de sustancia dental que el odontólogo soluciona con los trabajos restauradores, esta se encarga del pronóstico y tratamiento de los dientes que no requieren recubrimiento total para su corrección y restauración de la forma, la función y la estética dentaria correcta¹.

Es por eso que se cuenta con la resina, un material restaurador presente desde la década del 70, a pesar de tener muchos problemas iniciales frente a la amalgama, fue ganando preferencia tanto por el odontólogo como por los pacientes.

En un inicio se pensó solo como un material restaurador de piezas anteriores pero se han mejorado sus propiedades para utilizarlo como un material restaurador universal. Las propiedades físicas de las resinas compuestas han ido mejorando paulatinamente a lo largo de los años como resultado de la demanda creciente de técnicas de obturación más simples por parte de los odontólogos.

Últimamente, muchos de los fabricantes de materiales dentales más importantes han introducido lo que conocemos como materiales de obturación en un solo bloque. Mientras que las resinas compuestas convencionales han de aplicarse en capas de sólo 2 milímetros, estos nuevos materiales de obturación pueden aplicarse en capas de hasta 4-5 milímetros.

Gracias a ello, los odontólogos tienen que aplicar menos capas para obturar un diente así ahorrar tiempo sin perder calidad. Según la literatura estos nuevos materiales de nanotecnología consiguen que la colocación de resinas compuestas en piezas posteriores sea aún más fácil y eficiente manteniendo sus propiedades físicas adecuadamente.

La resina A es capaz de conseguir una restauración estética con un único incremento por ser una resina compuesta de alta viscosidad y opacidad, además alcanza una profundidad de fraguado de 5mm desde el fondo a la superficie.

Del mismo modo la resina B reduce en gran medida los esfuerzos a la hora de crear restauraciones posteriores. Esta resina compuesta puede ser colocado en capas de 5 mm, eliminando la necesidad de colocar varias capas que van siendo polimerizadas: colocar, modelar y fotopolimerizar durante 10 segundos (intensidad de luz $> 1,000 \text{ mW/cm}^2$), al poder ser aplicado en capas de 5 mm, esta resina ahorra al odontólogo valioso tiempo obteniendo como resultado buenas restauraciones con propiedades físicas adecuadas.

2.2 Delimitación del problema:

Para el rehabilitador es de suma importancia conocer la dureza de los materiales de restauración estéticos como son las resina ,debido a que su uso se extendió a tratamiento de piezas posteriores por lo cual estos materiales deben presentan mayor dureza para soportar la fuerza masticatoria que reciben dichos tratamientos así mantenerse estables en la cavidad bucal con el paso del tiempo, las resinas han ido evolucionando llegando a tener en su composición partículas de nanorelleno lo que les proporciona además de buenas propiedades físicas y de terminado de su superficie (pulido), una mejor consistencia para su colocación , menor contracción y alta dureza.

La dureza es una característica importante en los materiales de restauración, ésta se define como la resistencia a la penetración, al desgaste o al rayado. Cuanto mayor cantidad de material de relleno tenga una resina mejor serán sus propiedades físicas, por lo tanto mayor será su dureza, menor será su contracción y su cambio dimensional. Las pruebas de dureza se incluyen en numerosas especificaciones sobre materiales dentales de la American Dental Association (ADA)².

Las nuevas resinas aplicadas en un solo momento con una profundidad hasta de 5 mm según la literatura presentan alta dureza, baja tensión de contracción entre otras propiedades físicas. Su aplicación, contorneado, modelado y polimerización se realizan hasta un 60% más rápido que con resinas compuestas convencionales de 2 mm, pero la mayor preocupación con respecto a las restauraciones amplias y profundas en una sola capa, y la razón por la cual no se han convertido en una técnica estándar, se ha centrado en la adaptación a las paredes de la cavidad, la profundidad del fraguado, la contracción volumétrica, la microdureza superficial entre otras propiedades³.

Todo ello hace que nos preguntemos si ¿existe diferencia entre la microdureza superficial de resinas A y B, aplicadas en un solo bloque?

2.3 Formulación del Problema

¿Cuál es la microdureza superficial de las resinas A colocadas en bloque comparada con las resinas B colocada en iguales condiciones?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Comparar la microdureza superficial de las resinas A respecto a la resina B, aplicadas en bloque – in vitro.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la microdureza superficial de una resina A aplicada en un solo bloque de 4 mm.
- Determinar la microdureza superficial de una resina B, aplicada en un solo bloque de 4 mm.

2.5 Justificación

En la actualidad existen en el mercado resinas que según las indicaciones del fabricante se pueden colocar en un solo bloque de 5 mm como son las resinas de nanotecnología, pero existen pocas investigaciones acerca de sus propiedades físico-mecánicas al ser colocadas en un solo bloque de 5 mm. Esto requiere un mayor estudio en cuanto a eficacia y resistencia al desgaste de las restauraciones, estas nuevas resinas en su gran mayoría son indicadas para colocar en cavidades clase I y II de piezas posteriores. Con este estudio de investigación se buscó evaluar la microdureza superficial ya que ésta propiedad física, está relacionado con el desgaste progresivo de las resinas; brindando de esta manera al rehabilitador una razón fundamental para elegir resinas aplicadas en un solo bloque y así optimizar el tiempo de trabajo. Estas resinas al ser aplicadas en bloques de 5mm nos permite realizar restauraciones post tratamientos pulpares en niños con el menor tiempo posible sin perder la calidad de la restauración y en tiempos mucho menores comparado con las resinas convencionales que se trabajan en bloques de 2 mm.

2.6 Limitaciones

La principal limitación que se presenta es no poder reproducir las condiciones del medio bucal con total exactitud, ya que la presencia de saliva en boca produce cambios en el pH y pueden crear alteraciones en las restauraciones.

Poco conocimiento de estas resinas en el mercado.

Escasos estudios con este tipo de resinas.

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

Paula Baldion y col (2010), Bogotá Colombia realizaron un estudio experimental en la cual evaluaron la dureza, módulo elástico y resistencia compresiva de tres resinas compuestas (dos microhíbrida: Z-250 y p-90; una nanohíbrida: p-60). Se confeccionaron 10 probetas en un anillo abierto de 2 mm de altura, para llevar a cabo el ensayo de dureza en un micro indentador vickers. Los datos se analizaron con la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y posteriormente se aplicó la prueba T-Hotelling, con un $p < 0,5$. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre la dureza de las tres resinas, siendo mayor la de Z-250. La resistencia compresiva es mayor en la p-90; y el modulo elástico es mayor en la Z-250. Bajo las condiciones de este estudio se puede concluir que el comportamiento mecánico de las resinas a base de metacrilatos y siloranos está regido por su composición y principalmente por el relleno inorgánico, su tipo, porcentaje, tamaño y tratamiento de las partículas. A mayor porcentaje de relleno inorgánico mayor dureza y a menor tamaño de partícula, menor modulo elástico, propiedades que no deben desligarse para su selección clínica del comportamiento frente a la microfiltración y la contracción de polimerización⁴.

Siany Valverde y col (2012), en Costa Rica realizaron un estudio experimental in vitro para evaluar la microdureza superficial de dos resinas compuestas de uso habitual en la Caja Costarricense de Seguro Social. Realizaron 10 discos, con medidas de 10 mm x 2 mm de las resinas de nanorrelleno: Z350 (3M ESPE®) y 10 discos para las resinas TPH3 (DENTSPLY®). Fotopolimerizadas con dos lámparas de fotocurado, Los especímenes fueron almacenados en agua destilada por 24 horas a 37 °C. Se realizaron 5 indentaciones para evaluar la microdureza superficial Vickers. Los datos fueron sometidos a ANOVA y test Tukey ($\leq 0,10$) la microdureza superficial Vicker (HV) fue de

113,33HV con la lámpara Hilux® Optimax y 108,33 HV con la lámpara Hilux® 250 para la resina compuesta Filtek Z350; 91,89 HV con la lámpara Hilux® Optimax y 90,21 HV con la lámpara Hilux® 250 para la resina TPH3. No existe diferencia estadísticamente significativa entre las lámparas de fotocurado ($p = 0,243$) pero si entre las resinas compuestas ($p \leq 0.000$). Se Concluyó que las resinas utilizadas en este estudio mostraron microdurezas aceptables para ser empleadas a nivel de cavidad oral, tanto con la lámpara de uso en la institución y la lámpara control⁵.

Ana Mano y col (2012) ,En Setúbal Portugal realizaron un estudio experimental in vitro para evaluar la microdureza según el método vicker y la profundidad de polimerización de 5 nuevas resinas : X-tra (Voco) , 4 mm; Sonic FillTM (Kerr) , 5 mm ; Tetric EvoCeram® Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), 4 mm; el Filtek Z250 (3M ESPE) , 2,5 mm y NormoFill (Normon Dental) , 2 mm.Se realizó 10 probetas para cada resina, usaron moldes cilíndricos de 4 mm de diámetro , para Filtek Z250 y Normo Fill altura de 6 mm , base de X-tra y Tetric EvoCeram® Bulk Fill,10 mm de altura y Sonic Fill 12 mm de altura . Para medir la microdureza vickers se aplicó una fuerza de 29,42 N durante 5 segundos. Se usó el análisis estadístico t de Student, las resinas Tetric EvoCeram® Bulk Fill y Sonic FillTM, presentaron 63,48 y 73,17 respectivamente .Se concluye que la microdureza Vickers fue mayor para la resina Sonic FillTM⁶.

Poggio C. y Col. (2012), En Italia realizaron un estudio in vitro para evaluar la microdureza según el método Vickers y la profundidad de curado de seis compuestos de resina: tres microhíbridas (Esthet.X HD, Amaris, Filtek Silorane), dos nanohíbridas (Grandio, Ceram-Xmono) y un nanorelleno (Filtek Supreme XT) en moldes fabricados con medidas estándar utilizando la técnica incremental para luego ser fotocuradas a 40s; se usó el análisis estadístico t de Student, concluyendo que la resina nanohibrida (Grandio) mostró valores de dureza significativamente más altos que Esthet.X HD, Filtek Silorane, Ceram-

Xmono, además, que el tiempo de curado no afectó los valores de dureza ⁷.

Frederico Catalão y col (2013), en Lisboa Portugal realizaron un estudio experimental, in-vitro con el objetivo de evaluar la microdureza de 6 resinas compuestas (Tetric EvoCeram® Bulk Fill, base de X-tra, x-tra relleno, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill™, SDR). Se realizaron 10 probetas cilíndricas de cada resina con 4mm de diámetro y 10mm de altura. Los datos de microdureza knoop se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallisno paramétrico, con un $p < 0,05$. Los valores de dureza varió entre 14,2 KHN para Filtek Bulk Fill y el 51,4KHN para Sonic Fill™. La prueba de Kruskal-Wallis reveló un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,001$) de la dureza del material compuesto. Las resinas x-tra base, Filtek Bulk Fill y SDR mostraron valores de microdureza estadísticamente inferior ($p < 0,05$) que la x-tra fil⁸.

Ignacio Botto y col (2013), en Chile, realizaron un estudio de tipo experimental, con el objetivo de comparar la microdureza superficial de la resinas Herculite® Precis respecto a la resina Sonicfill™. Para el estudio de microdureza, se utilizaron 3 cilindros de cada resina (de 6mm de diámetro y 5mm de alto) confeccionados con Herculite® Precis mediante la técnica incremental y con Sonicfill™ mediante técnica monoincremental. Para medir el grado de microdureza, se realizó el test de microdureza superficial de Vickers, utilizando un durómetro leitz. Se realizaron 5 indentaciones con una carga de 15P/ 147 mN tanto en la superficie externa superior como en la base de cada cilindro. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el test de Shapiro-Wilk y T-simple. Sonicfill™ logró una dureza superficial de 50,51 en la parte superior y 43,31 en la base. Herculite® Precis logró una dureza superficial Vickers de 42,11 en la parte superior y 39,68 en su base. Ambos materiales cumplieron con la norma Internacional ISO 4049 de dureza superficial. Los resultados del presente estudio demostraron que Sonic Fill™ logo una mayor microdureza superficial en comparación con Herculite® Precis⁹.

Regalado M y col (2013) ,en Brazil realizaron un estudio experimental in- vitro donde evaluaròn el grado de conversi3n y la dureza de los materiales dentales compuestos foto-activa con diferentes puntas de gui3a ellos usaron una resina microhibrida (Filtek™ Z 250), Y una resina de nanorelleno (Filtek™ Supreme XT).Las muestras se hicieron usando un met3lica molde (4 mm de di3metro y 2 mm de espesor) de acuerdo con ISO 4049.los datos fueron sometidos al tes de ANOVA.los resultados de microdureza superficial fueron mayores para la resina microhibrida(72.02 y 61,72 en la superficie y 61,77y 56,03 en la base) mientras que los valores para la resina de nanorrelleno fueron (67,72y 52,04 en la superficie y 52,04y 42,51 en la base),concluyeron que la mayor microdureza presenta la resina microhibrida para las 2 tipos de polimerizaci3n¹⁰.

Salas Y, (2013) en Per3 realizo un estudio experimental in- vitro, evalu3 de la microdureza superficial en resinas compuestas nanohibridas y microhibridas .se elabor3 10 cilindros de 6mm de di3metro por 6mm de altura de cada uno de los materiales en estudio, siendo polimerizadas por LED a 40 segundos para luego ser almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24h. Los datos fueron sometidos a la prueba T-Student, Los resultados mostraron que el grupo de resina nanohibridas tuvo un promedio de microdureza superficial de 86.40 Kg/mm², mientras que el grupo de la resina de microhibridas present3 un promedio de microdureza de 84.64 Kg/mm². Concluyendo que la resina de metacrilato fue la que present3 mayor valor de microdureza respecto a la resina de silorano¹¹.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Resinas Compuestas

Surgen en la década de 1960 y su empleo se ha ido incrementando hasta convertirse en el material más usado en restauraciones estéticas directas¹².

Se originan de las resinas acrílicas; las que consistían en una mezcla de finos granos de polvo (prepolímero), más un líquido (que contenía monómero de metacrilato de metilo, un agente de cadenas cruzadas y activador). A las que posteriormente se les agregó un relleno (éste aumentaba su resistencia y disminuía los cambios dimensionales)¹².

R. L. Bowen, en la década de 1960, sintetizó un nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula epóxica (bisfenol A) con un glicidildimetacrilato. La molécula resultante fue nombrada BisGMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. A esta molécula, se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre las partes¹³.

De esta forma se lograba atenuar las propiedades no deseables de las resinas acrílicas: disminuir la contracción de polimerización, minimizar el alto coeficiente de expansión térmica y aumentar la baja resistencia mecánica, además de disminuir el posible daño pulpar¹².

Con la síntesis de esta nueva molécula comienza el auge de las resinas compuestas. Las resinas compuestas se definen como: “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interfase distinta que une los componentes”¹⁴. Son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos unidas a través de una cubierta de silano (agente de unión o

acoplamiento) dispuesto sobre las partículas de relleno. Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica ^{15,16}.

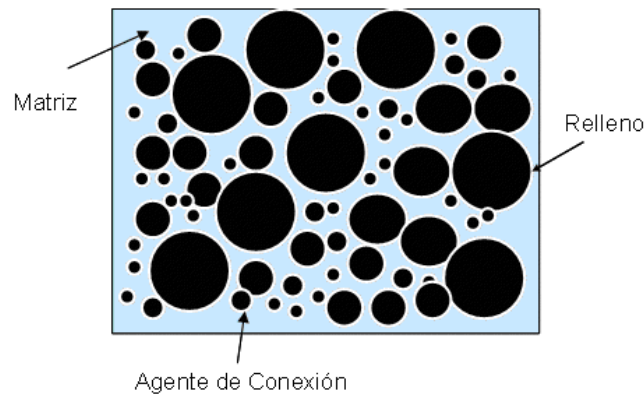


IMAGEN N°1: Estructura de las Resinas Compuestas.

3.2.1.1 Composición de las resinas compuestas:

1) Fase orgánica o Matriz:

Compuesta por monómeros más un sistema iniciador (polimerización por radicales libres) y estabilizadores (maximizan la estabilidad de almacenamiento de la resina no polimerizada y la estabilidad química de la resina polimerizada)¹⁶. El monómero base más utilizado durante los últimos 30 años ha sido el Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato). Éste comparado con el metil metacrilato tiene mayor peso molecular presentando ventajas tales como: su contracción de polimerización es menor, posee menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos¹⁷. Sin embargo, su alto peso molecular lo hace presentar desventajas ya que aumenta su viscosidad, lo hace más pegajoso, menos manipulable y su grado de conversión de polimerización es bajo¹⁸. Es por esto que a las formulaciones actuales se les han añadido monómeros de bajo peso molecular como metacrilato de metilo (MMA), dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGMA) y etilenglicol dimetacrilato (EDMA). Al bajar

la viscosidad de la mezcla monomérica se puede incorporar más relleno dentro de ella¹⁶. Por otro lado, la molécula de Bis-GMA, tiene dos grupos hidroxilos los cuales promueven la adsorción de agua. Un exceso de adsorción acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica¹⁹.

Actualmente se ha utilizado un monómero menos viscoso: Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieterdimetacrilato). Bis-EMA6 posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad¹⁹.

2) Relleno inorgánico:

Partículas inorgánicas que se agregan en forma dispersa a la matriz resinosa con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Esta fase refuerza al material mejorando su resistencia, manipulación, otorgándole radiopacidad, aminorando los cambios dimensionales térmicos y la contracción de polimerización^{16, 21}.

Los materiales más utilizados para formar estas partículas de relleno son el cuarzo y el vidrio de bario. Se obtienen a través de pulverización, trituración y molido de diferentes tamaños. Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (Silano). Se utilizan también partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (macropartículas), las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos (quema) o de precipitación (sílice coloidal)²².

Cabe destacar que cuanto mayor sea la incorporación de relleno a la matriz, mejor serán las propiedades de la resina, pues reduce la contracción de polimerización y por consiguiente menor será la filtración marginal, argumento en el que se basa el surgimiento de las resinas condensables²³. Sin embargo, esto conlleva desventajas importantes pues aumenta la tensión o estrés de contracción de polimerización, es decir, la relación entre la contracción de la resina, su módulo de elasticidad (rigidez) y la cantidad de paredes o superficies dentarias a restaurar (Factor C de configuración cavitaria). Es así como a mayor incorporación de relleno las resinas se contraen menos, pero causando mayor estrés de contracción en las paredes de la cavidad lo que conlleva a mayor filtración²⁴.

3) Agente de acoplamiento:

Durante el desarrollo inicial de las resinas compuestas, Bowen demostró que las propiedades óptimas del material, dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica. Esto se logró al cubrir el sustrato inorgánico con un agente de acoplamiento que actúa como elemento de unión química a la matriz orgánica otorgando cohesión al material¹⁵. Los agentes de acoplamientos más utilizados son los compuestos órganos silanos, los que tienen grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro siendo así moléculas con doble polaridad (bifuncionales), ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, uniendo así químicamente el relleno reforzado a la matriz resinosa¹⁶.

El silano que se utiliza con mayor frecuencia es el γ - metacril-oxipropiltrimetoxi-silano (MPS), éste es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno cuando son hidrolizados a través de puentes de hidrógeno, además posee grupos metacrilatos, los

cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de polimerización ofreciendo una adecuada interfase resina/partícula de relleno²⁶.

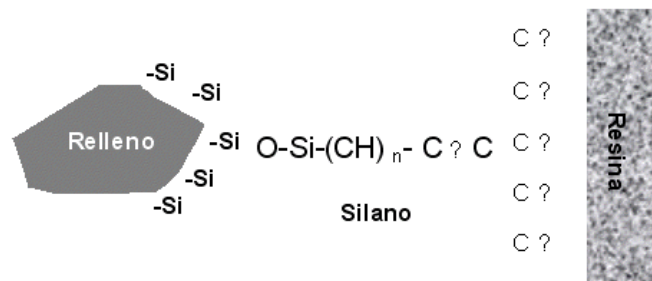


Figura N°2: Unión de Resina a Relleno a través de partículas de Silano

El silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta al establecer una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa), para la fase más rígida (partículas de relleno). También previene la penetración de agua en la interfase de ambas partes, pues promueve una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina²⁶. Han sido probados otros agentes tales como el 4-META, varios titanatos y zirconatos, sin embargo ninguno de estos agentes demostró ser superior al MPS²⁷.

Actualmente las resinas compuestas son el material de restauración más ampliamente usado en el mundo y se ha desarrollado una gran variedad de ellas. Dentro de las principales ventajas de las resinas compuestas podemos mencionar:

- Estabilidad de color.
- Destacadas propiedades estéticas.
- Gran resistencia a la fractura y desgaste.
- Gran fuerza de adhesión a las estructuras dentarias.
- Radiopacidad.
- Fácil manejo clínico, acabado y pulido²⁸.

Un factor fundamental es la unión fuerte y duradera que se debe establecer entre el material restaurador y la estructura dentaria,

unión que impida la microfiltración marginal y facilite la retención del material en boca.

3.2.1.2 clasificación de las resinas compuestas

Se podría partir de la forma en que son obtenidas las partículas. Los procedimientos pueden ser mecánicos o reacciones químicas con sustancias específicas²⁹. A lo largo de los años las resinas compuestas se han clasificado de distintas formas con el fin de facilitar al odontólogo su identificación y posterior uso terapéutico. Una clasificación aun valida es la propuesta por Lutz y Phillips, esta clasificación divide las resinas basado en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en: convencionales o macrorelleno (partículas de 0,1 a 100mm), microrelleno (partículas de 0,04mm) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños)³⁰.

A. Tamaño de la partícula de relleno

Actualmente se pueden reunir las resinas compuestas en cinco categorías principales:

I. Resinas de macrorelleno o convencionales

Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50 Wm. Este tipo de resinas fue muy utilizada, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso. Su desempeño clínico es deficiente y el acabado superficial es pobre, visto que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando la prominencia de grandes partículas de relleno las cuales son más resistentes. Además, la rugosidad influencia el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación³¹. Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o vidrio de

bario³². El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista. El vidrio de estroncio o vidrio de bario son radiopacos pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo³².

II. Resinas de microrelleno

Estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05 μm . Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto nivel de pulido y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración³³. Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad³⁴.

III. Resinas híbridas

La combinación de diferentes tamaños de partículas da origen a los que se denominan resinas “híbridas” y a las microhíbridas²⁹. Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 μm , incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 μm . Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la odontología²⁹.

Los aspectos que caracterizan a estos materiales son: disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de Polimerización, baja

sorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias, fórmulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia^{35,37}.

IV. Resinas Nanohíbridas

Son resinas híbridas a las cuales se les ha incorporado partículas de relleno inorgánico en escala manométrica, es decir mínimo 3 tamaños de partículas manométricas, con lo cual se logra mejorar las propiedades físicas³⁸.

V. Híbridos Modernos

Este tipo de resinas tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub-micrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula reducida (desde 0.4Wm a 1.0Wm), unido al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste y otras propiedades mecánicas adecuadas. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez³⁸.

VI. Resinas de Nanorelleno

Este tipo de resinas son de un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01Wm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75nm³⁸. El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas

híbridas^{39,40}. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.

B. Viscosidad

Los materiales resinosos pueden clasificarse de acuerdo a su grado de fluidez/viscosidad⁴¹.

I. Muy baja viscosidad

Aquellos productos que se presentan comercialmente exhibiendo una alta fluidez: las resinas para caracterizaciones, los selladores de resinas compuestas, las resinas compuestas fluidos, los selladores de fosas y fisuras⁴¹.

II. Baja viscosidad

Las resinas compuestas de micropartículas son materiales de baja viscosidad, cuya producción ha sido discontinuada⁴¹.

III. Mediana viscosidad

Pertenecen a este grupo las resinas compuestas híbridas, microhíbridas, nanohíbridas y nanoparticuladas⁴¹.

IV. Alta y muy alta viscosidad

Las resinas condensables pueden a su vez ser categorizadas en dos grupos (las de baja y las de alta densidad / alta y muy alta viscosidad, respectivamente). Tales así que existen materiales dentro de esta categoría que son densos⁴¹.

3.2.1.3 propiedades de las resinas compuestas

a) Resistencia al Desgaste.

Es la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos. Esto no tiene un efecto perjudicial inmediato, pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones, al mismo tiempo que disminuye su duración⁴².

Esta propiedad depende principalmente de las características físicas del relleno, así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales. Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina será más resistente a la abrasión. Esto se debe a que el módulo elástico de la resina compuesta es menor que el de las partículas de relleno, por lo tanto estas son más resistentes al desgaste y comprimen a las moléculas de la matriz en los momentos de presión. Éste fenómeno causa el desprendimiento de las partículas de relleno, exponiendo la matriz y provocando su desgaste⁴².

El desgaste de la superficie de las resinas compuestas representa uno de los puntos débiles de éste tipo de materiales. Éste fenómeno aumenta considerablemente con la dimensión de la restauración, aunque algunas situaciones clínicas son capaces de acelerar el proceso, tales como la oclusión traumática y la calidad de la manipulación y terminado de la restauración⁴².

b) Textura Superficial.

El término de textura superficial se refiere a la uniformidad de la superficie del material de restauración. En las resinas compuestas, esta propiedad está relacionada con varios factores⁴².

En primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con la técnica de acabado y pulido.

Una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales. En la fase de pulido de las restauraciones se logra una menor energía superficial, evitando la adhesión de placa bacteriana, se elimina la capa inhibida y de esta forma se prolonga en el tiempo la restauración de resina compuesta⁴².

c) Coeficiente de Expansión Térmica.

Es la velocidad de cambio dimensional por unidad de cambio de temperatura. Cuanto más se aproxime el coeficiente de expansión térmica de la resina al coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura. Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal⁴².

Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental, lo cual es significativo, ya que, las restauraciones pueden estar sometidas a temperaturas que van desde los 0° C hasta los 60° C⁴².

d) Sorción Acuosa y Expansión Higroscópica.

Esta propiedad está determinada principalmente por la probabilidad de penetración de las moléculas de agua en el polímero y se relaciona con la cantidad de agua adsorbida por la superficie y absorbida por la masa de una resina en un tiempo y la expansión relacionada a esa sorción. La incorporación de agua en la resina, puede causar solubilidad de la matriz afectando negativamente las propiedades de la resina, éste fenómeno es conocido como degradación hidrolítica. Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua⁴².

La absorción es también favorecida por las porosidades y las fisuras. El fenómeno de imbibición implica también una expansión volumétrica del material que podría compensar parcialmente la contracción por polimerización⁴².

e) Resistencia a la Fractura.

Esta es una propiedad que se pone a prueba durante la masticación, ya que durante éste acto la resina se ve sometida, en las caras oclusales, a fuerzas que oscilan entre los 25 y los 75 daN/cm². Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno, las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación⁴².

f) Resistencia a la Compresión y a la Tracción.

Las resistencias a la compresión y a la tracción son muy similares a la dentina. Esta relacionada con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: a mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción⁴².

g) Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido; en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico⁴².

h) Estabilidad del color.

Las resinas compuestas sufren alteraciones de color debido a manchas superficiales y decoloración interna. Las manchas superficiales están relacionadas con la penetración de colorantes provenientes principalmente de alimentos y cigarrillo, que pigmentan la resina. La decoloración interna ocurre como resultado de un proceso de foto oxidación de algunos componentes de las resinas como las aminas terciarias. Es importante destacar que las resinas fotopolimerizables son mucho más estables al cambio de color que aquellas químicamente activadas⁴².

i) Radiopacidad.

Un requisito de los materiales de restauración de resina es la incorporación de elementos radio opacos, tales como, bario, estroncio, circonio, zinc, iterbio, itrio y lantano. Un grado de radiopacidad mayor al del esmalte, puede ser útil en el diagnóstico de caries alrededor o debajo de la restauración⁴³.

j) Grado de conversión.

El grado de conversión indica el porcentaje de enlaces simples que se han convertido en enlaces dobles. Indica la cantidad de monómeros de la resina que han reaccionado formando polímeros. El grado de conversión de las resinas dentales actuales oscila entre el 35 y el 80%⁴².

La conversión incompleta aporta a la resina cierta elasticidad, propiedad que puede beneficiarnos ya que reduce las tensiones generadas en la interfase adhesivo–diente. Un mayor grado de conversión confiere a las resinas mejores propiedades mecánicas, pero con el inconveniente de una mayor contracción de polimerización. Ferracane y colaboradores determinaron que el grado de conversión óptimo para que el comportamiento de una resina dental sea adecuado es del 55%⁴².

k) Contracción por Polimerización.

La contracción de polimerización es el mayor inconveniente de estos materiales de restauración. Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 0.340 nm, esta distancia está dada por la fuerzas de Van der Waals ejercidas por los elementos que conforman a cada monómero; al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 0.154 nm⁴². Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros provoca la reducción volumétrica del material. La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias. Estas tensiones generadas en la superficie dental pueden provocar:

1. Deformación externa del material sin afectar la interfase adhesiva (si existen superficies libres suficientes o superficies donde el material no está adherido).
2. Brechas en la interfase diente-restauración (si no existen superficies libres suficientes y si la adhesión no es adecuada)
3. Fractura cohesiva del material restaurador (si la adhesión diente-restauración es buena y no existen superficies libres)⁴⁴.

3.2.2 Resinas compuestas usadas en el estudio

A. Resina compuesta nanohibrida A

Es una resina basada en la tecnología de nano optimizada desarrollada para los procedimientos restauradores directos. De aplicación universal indicada para restaurar los dientes en la región anterior y posterior. Su tecnología de relleno nano-

optimizado se compone de dimetacrilatos (19 – 20% en peso). Los rellenos contienen vidrio de Bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mixtos y copolímeros (80 – 81% en peso). Otros componentes son aditivos, catalizadores y pigmentos (<1% en peso). El contenido total de rellenos inorgánicos es de 55 – 57% en volumen. El tamaño de partículas de los rellenos inorgánicos está entre 40 nm y 3000 nm. Está diseñada para polimerizarse con la exposición de un diodo emisor de luz (LED) con una intensidad ≥ 500 mW /cm² durante 20 segundos⁴⁶.

Ventajas:

Rápido

La profundidad de la polimerización de hasta 5 mm permite rellenar en un solo paso cavidades de hasta 5 mm. La adaptación se puede realizar directamente con la punta, rellenando y adaptando sin necesidad de instrumentos de llenado en un solo paso. Menor tiempo de preparación para el auxiliar y menos instrumentos de mano es igual a un menor tiempo de manipulación.

Fiable

Una menor viscosidad de la resina compuesta garantiza una mejor adaptación a las paredes de la cavidad y la activación sónica minimiza la formación de vacío en la resina. Menor contracción de la resina y menor tensión por contracción durante la polimerización.

Fácil

La punta unidosis™ ergonómica pequeña permite acceder con facilidad a la cavidad. El interruptor de pie y las cinco posiciones de dispensación permiten controlar la liberación de la resina. Mejor manipulación: resina consistente sin adherencias con capacidad óptima de esculpido. Colocación sin esfuerzo, máxima

adaptación, capacidad de esculpido excelente, manipulación sencilla, modelado sencillo sin adherencias ya no son necesarias las capas de 2 mm⁴⁶.

Presentación:

Colores A1, A2, A3.

B.- Resina compuesta nanohibrida B

Esta resina reduce en gran medida los esfuerzos a la hora de crear restauraciones posteriores. Puede ser colocado en capas de 4 mm, eliminando la necesidad de colocar varias capas que van siendo polimerizadas: colocar, modelar y fotopolimerizar durante 10 segundos (intensidad de luz > 1,000 mW/cm²): Al poder ser aplicado en capas de 4 mm, la resina B ahorra al odontólogo valioso tiempo. Su aplicación, contorneado, modelado y polimerización se realizan hasta un 60% más rápido que con composites convencionales de 2 mm. Normalmente, para modelar y contornear incrementos monolíticos de 4 mm se requiere más tiempo, especialmente si se reconstruyen cúspides.

La resina A contiene un filtro patentado inhibidor de la sensibilidad a la luz operatoria y luz ambiente, que asegura un tiempo de trabajo y modelado superior. El filtro inhibidor de sensibilidad lumínica actúa como un escudo, en cambio, no retrasa la polimerización cuando se inicia con una lámpara de polimerización. La consistencia adecuada y compactable facilita la colocación y el modelado, asegurando una adaptación excepcional a las paredes de la cavidad.

Además gracias a la equilibrada composición del relleno, las restauraciones realizadas son pulidas rápida y fácilmente. Una resina compuesta que vaya a ser utilizado con la técnica bulk de capas de 4 mm ha de tener una baja contracción volumétrica para

evitar filtraciones marginales. Por ello, se han integrado unos mitigadores de estrés en la composición del relleno. Gracias a su bajo módulo de elasticidad, actúan como muelles microscópicos durante el proceso de polimerización, lo que reduce el estrés de contracción. Esto permite que esta resina otorgue un óptimo sellado marginal. El fotoiniciador patentado, Ivocerin®, incorporado en el sistema fotoiniciador de esta resina, permite que capas de 4mm sean polimerizadas por completo en tan solo 10 segundos.

El Ivocerin es un potenciador que proporciona más reactividad a las luces de polimerización que la conforquinona o la lucerina. Además, la translucidez y el color no se ven comprometidas, como suele ocurrir con otras resinas compuestas para la técnica bulk-fill que contienen solo los iniciadores convencionales. El altamente reactivo Ivocerin permite que la translucidez del material se establezca a un nivel del 15%, valor similar al esmalte natural.

La matriz monomérica está compuesta por dimetacrilatos (19-21% en peso). El contenido total de relleno inorgánico es 75-77% en peso o 53-55% en volumen.

Los rellenos consisten de vidrio de bario, prepolímero, trifloruro de iterbio y óxido mixto. También contiene aditivos, catalizadores, estabilizadores y pigmentos (<1,0% en peso). El tamaño de partícula del relleno inorgánico oscila entre 0.04 y 3 μm . El tamaño medio de partícula es de 0.6 μm ⁴⁵.

Ventajas:

- La obturación Bulk Fill es posible gracias al ivocerín, el foto iniciador patentado.
- Tecnología de obturación especial que asegura un nivel muy bajo del estrés de contracción.
- Resultados estéticos que se logran rápida y eficazmente en la región posterior.

Indicaciones:

- Restauraciones de dientes temporales.
- Restauraciones en la región posterior (Clase I y II).
- Restauraciones Clase V (caries cervicales, erosión en la raíz, defectos marginales).
- Resina preventiva en restauraciones molares y premolares.

Presentación:

Estuche de 5 jeringas (IVA, IVB, y IVW).

3.2.3 dureza superficial

La dureza es una condición de la superficie del material, no representa ninguna propiedad de la materia y está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas del material. Si bien, es un término que nos da idea de solidez o firmeza, no existe una definición única acerca de la dureza y se la suele definir arbitrariamente en relación al método particular que se utiliza para la determinación de su valor. De esta manera algunas definiciones son:

- Resistencia a la indentación permanente bajo cargas estáticas o dinámicas (dureza por penetración).
- Absorción de energía bajo cargas de impacto o dinámicas (dureza por rebote).
- Resistencia a la abrasión (dureza por desgaste).
- Resistencia al rayado (dureza por rayado)⁴⁹.

Independientemente de las definiciones enumeradas, en general, se entiende por dureza la propiedad que tienen los materiales de resistir la penetración de un indentador bajo carga. En este sentido definiremos dureza como la resistencia de un material a la deformación plástica localizada⁵⁰.

Los diferentes métodos desarrollados para medir la dureza en general consisten en producir una deformación local, en el material que se ensaya, a través de un indentador. Los valores obtenidos son siempre dependientes del método y las condiciones en las que se ensaya por lo que para que un valor de dureza sea útil y permita su comparación debe estar acompañada de la indicación del método utilizado y las condiciones del ensayo⁵⁰. Estos métodos se pueden clasificar en dos grandes grupos según la forma de aplicación de la carga:

a) Ensayos estáticos: En los que la carga se aplica en forma estática o cuasiestática. En este caso un indentador se presiona contra la superficie de ensayo con una carga que se aplica en forma relativamente lenta. En general la medida de dureza en este tipo de ensayo resulta del cociente de la carga aplicada y el área de la huella que deja el indentador en la superficie, como es el caso de los métodos Brinell, Vickers y Knoop, o bien es una medida de la profundidad de la indentación como en el ensayo Rockwell.

b) Ensayos dinámicos: En los que la carga se aplica en forma de impacto. En general el indentador es lanzado sobre la superficie a ensayar con energía conocida y el valor de dureza se obtiene a partir de la energía de rebote del penetrador luego de impactar en la muestra, como sucede en el método de Shorey en el de Leeb, ambos conocidos como método de dureza por rebote.

Se mide dureza cuando se ha establecido una correlación entre la dureza y alguna otra propiedad del material, como por ejemplo la resistencia a la abrasión o al desgaste, la resistencia a la tracción, etc. Sin embargo debe advertirse que dichas correlaciones son aplicables en forma muy cuidadosa sobre un rango acotado de materiales sobre los cuales se conoce, empíricamente, las condiciones en que se cumple la relación entre la propiedad buscada y el valor de la dureza⁵⁰.

En general se puede utilizar la medición de dureza para:

- Evaluar la efectividad de un tratamiento térmico.
- Evaluar la resistencia al desgaste de un material
- Evaluar la maniobrabilidad del material.
- Obtener una idea de la resistencia a la tracción de un material.

Los ensayos de dureza son junto con la tracción los más utilizados en la selección y control de calidad de los materiales. El empleo de los ensayos de dureza como instrumento de clasificación y control de calidad en las líneas de producción ha sido favorecido gracias a la automatización de los ciclos de medición de los métodos tradicionales tales como el Rockwell o el Brinell. En este sentido existen aparatos que permiten ciclos automáticos de medición muy rápidos en los que prácticamente no se requiere la intervención del operador. Además el avance de la microelectrónica y el software embebido han permitido el desarrollo de instrumentos medidores de dureza portátiles muy fáciles y rápidos de utilizar, que permiten la medición de piezas y lugares en los que los métodos tradicionales no son aplicables⁴⁹.

En relación a la estructura dentaria, cuando se produce la erosión, la desmineralización inicial está caracterizada por una superficie reblandecida con disolución de prismas periféricos sin formación de lesión sub superficial. En este caso la microdureza superficial es suficientemente sensitiva para lesiones superficiales ya que puede detectar estados tempranos de desmineralización. Las piezas dentales posteriores y las restauraciones son sometidas constantemente al desgaste por las fuerzas masticatorias, desgastando el esmalte e incluso dentina⁴⁹.

La dureza determina el grado de deformación de un material, su resistencia a la indentación y se acepta como una propiedad importante y un parámetro valioso en la comparación con la

estructura dental. Los valores de dureza de esmalte y dentina en unidades Vickers se expresan como 348HV y 80 HV respectivamente⁴⁹.

2.2.3.1 Métodos empleados para medir la dureza

Algunos de los métodos más utilizados para comprobar la dureza de los materiales de restauración son las pruebas de durometría de Brinell, Knoop, Vickers, Rockwell y Shore⁴⁹.

Cada una de ellas difiere ligeramente de las otras, y presenta determinadas ventajas e inconvenientes. No obstante tienen una cualidad en común: todas ellas dependen de la penetración de algún objeto de forma geométrica definida en la superficie del objeto estudiado (indentador)⁴⁹.

Los indentadores pueden ser de acero, carburo de tungsteno o diamante y tener la forma de una esfera, un cono o una pirámide. La carga aplicada suele oscilar entre 1 y 3.000 kg. La elección de una prueba de durometría depende del material estudiado, de la dureza que previsiblemente puede tener y del grado de localización que se desee. Independientemente de la prueba, el método general para medir la dureza consiste en aplicar una fuerza estandarizada o un peso determinado sobre la punta penetradora.

La aplicación de esa fuerza sobre el indentador produce una indentación de forma simétrica, en la cual se puede medir la profundidad, la superficie o la anchura por medio de un microscopio. Seguidamente se correlacionan las dimensiones de la indentación con unos valores tabulados. Con una carga fija aplicada a un indentador estandarizado, las dimensiones de la indentación variarán en forma inversa con respecto a la resistencia y a la penetración del material examinado⁵².

Sistema Brinell

El ensayo de dureza Brinell consiste en presionar la superficie del material a ensayar con una bolilla de acero muy duro o carburo de tungsteno, produciéndose la impresión de un casquete esférico correspondiente a la porción de la esfera que penetra. El valor de dureza, número de Brinell HB, resulta de dividir la carga aplicada por la superficie del casquete.

La profundidad del casquete impreso se mide directamente en la máquina, mientras la carga se mantiene aplicada de modo de asegurar un buen contacto entre la bolilla y el material. Tiene dos inconvenientes: el primero es que no sirve para materiales frágiles, ya que producir la huella representa superar bastante el límite proporcional, lo que no es posible en ese tipo de materiales. El otro inconveniente es que no tiene en cuenta la recuperación que se produce en el material después de retirar la esfera, es decir que no se mide la magnitud real de la penetración sino la penetración menos la recuperación que se produce cuando tiende la superficie a volver a su forma original⁴⁸.

Sistema Rockwell

Al igual que en el ensayo Brinell la dureza se determina en función del grado de penetración de la pieza a ensayar a causa de la acción del penetrador bajo una carga estática dada. Difiere del ensayo Brinell en que las cargas son menores y los penetradores más pequeños por lo que la impronta será menor y menos profunda.

Además el ensayo Rockwell no requiere la utilización de fórmula alguna para la determinación de la dureza. Esta se obtiene directamente del dial indicador de la máquina ya que la misma está dada por el incremento de profundidad de penetración debido a la acción del penetrador, el cual puede ser una bolilla de acero o un cono de

diamante. Ofrece menos garantías de exactitud pero el ensayo es más rápido y fácil de llevar a efecto^{68, 69}.

Los métodos más exactos son los basados en el empleo de indentadores de diamante tallados en formas especiales⁴⁸.

Sistema Knoop

En la microdureza Knoop se utiliza un penetrador de diamante. La dureza se determina mediante el cociente de la carga aplicada y el área de la impronta proyectada sobre la superficie que se evalúa y en la que no debe tenerse en cuenta la recuperación elástica del material. Sin embargo, la medición de la superficie requiere que se retire el penetrador y por lo tanto el material produce la recuperación elástica y la consecuente deformación de la impronta.

Por esto, considerando que la diagonal mayor l prácticamente no es afectada por la recuperación, el cálculo de la superficie se realiza en función de ésta⁴⁸.

Sistema Vickers

La determinación de la dureza Vickers es similar a la Brinell ya que se obtiene del cociente de la carga aplicada por la superficie de la impronta. Sin embargo en este caso se utiliza una carga pequeña y el penetrador es un diamante en forma de pirámide. Las cargas pueden variar de 1 a 100 kg según el espesor y tipo de material. En general las máquinas estándar proveen cargas de 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 120 kg de las cuales las de 30 y 50 kg son las más usadas⁵¹.

El ángulo del penetrador Vickers se adoptó de tal manera que los números Vickers coincidan con los Brinell. Para relacionar el método Vickers con el Brinell es necesario considerar la condición de

semejanza y los límites a partir de los cuales la bolilla no experimenta deformaciones y se obtienen impresiones nítidas.

De esta manera resulta una impronta en el que las tangentes a la bola forman un ángulo de 136° , que resulta el ángulo adoptado para la construcción del penetrador piramidal. Sin embargo la coincidencia entre los valores de dureza que arrojan ambos métodos solo se cumple hasta aproximadamente 350 unidades.

Esto se debe a que para valores mayores la deformación que sufre la bolilla utilizada en el ensayo Brinell modifica en parte el valor de dureza obtenido. De aquí se desprende que el ensayo Vickers es más exacto, debido a la menor deformación del penetrador, para durezas que sobrepasan los 500 Brinell⁴⁸.

En este tipo de ensayos la penetración es del orden de algunos micrones, por lo que pueden ensayarse chapas y láminas extremadamente delgadas, o superficies tratadas en las que el espesor del tratamiento es muy delgado como es el caso de los materiales dentales.

En los ensayos de microdureza se utilizan aparatos que aplican cargas que pueden variar de 0,01 kg a 2 kg⁴⁹. La huella dejadas en las pruebas de microdureza Vickers y Knoop son muy pequeñas y permiten realizar mediciones aun en áreas muy reducidas y se prestan para determinar la dureza de materiales bastante frágiles como lo son los materiales dentarios. Por eso se usará la prueba de microdureza Vickers para medir la dureza superficial en los elementos de restauraciones dentarias.

La ventajas de la prueba Knoop sobre Vickers es poder medir laminas mucho más delgadas siendo en Vickers 0.2 mm la medida mínima, suficiente para medidas en materiales dentales⁵¹.

Por tanto el valor de dureza de hecho es independiente de la ductilidad del material probado. Así mismo la carga puede variar según el límite de amplitud, de un gramo a más de un kilogramo, por lo que mediante

esta prueba se pueden obtener los valores de materiales que excedan de dureza y suavidad⁵¹.

3.3 Definición de términos

3.3.1 resina compuesta

Mezcla entre una resina (matriz orgánica) y un relleno inorgánico químicamente es un monómero llamado Bisfenol A – Metacrilato de glicidilo (BIS- GMA), siendo la unión entre una resina epóxica y una vinílica. Ray L. Bowen (1962).

Las resinas compuestas propiamente tales, son un grupo de biomateriales odontológicos que permite devolver, además de la estructura dentaria perdida, la estética, dada su capacidad de aceptar pigmentos en su composición.

Surgen en 1962 cuando el Dr. Bowen sustituye el componente orgánico, anteriormente PMMA por un bisfenol A glicidil metacrilato (bis-GMA), una resina bifuncional, y un agente de enlace de silano orgánico que mediaba la unión entre las partículas de relleno y las moléculas de bis-GMA^{12,13}.

3.3.2 Dureza:

La definición más corriente de sustancias duras y blandas se refiere a su resistencia relativa y a la indentación. Por consiguiente, la dureza es una medida de la resistencia a la deformación plástica y se mide como la fuerza por unidad de superficie de indentación⁴⁹.

3.3.3 Microdureza:

El término de microdureza se refiere a las huellas dejadas por el indentador sobre las superficies de los materiales que se estudian la cual será observada con la ayuda de un microscopio⁴⁹.

3.3.4 Fuerza:

Resistencia o solidez que presenta un cuerpo⁵³.

3.3.5 Indentación:

Muesca escotadura, depresión. Marcas dejadas por las piezas dentarias en la mucosa del borde de la lengua, del labio o de la zona yugal. Huella, depresión dejada en la superficie de un material que es sometido a una prueba de dureza⁵³.

3.3.6 Número de Vickers:

Número que indica el grado de dureza relativa de un material determinado midiendo las diagonales mayores de las indentaciones que resultan de presionar un diamante en forma de pirámide de base cuadrada (indentador de dureza de Vickers) sobre la superficie del material a prueba bajo una carga específica. Resistencia de penetración: Pone de manifiesto la dureza de un cuerpo. Para determinar ésta se emplean diferentes métodos o pruebas⁵⁴.

3.4 Hipótesis

3.4.1 Hipótesis general

- Existe diferencia entre la microdureza superficial de la resina A y la resina B aplicadas en bloque.

3.4.2 Hipótesis de investigación:

- La microdureza superficial de la resina A presenta diferencia significativa luego de ser colocada en bloque de 4 mm.
- La microdureza superficial de la resina B, presenta diferencia significativa luego de ser colocada en bloque de 4 mm.

3.5 Operacionalización de variables

variable	concepto	indicador	escala	valor
INDEPENDIENTE material dental de obturación directa (resinas Compuestas)	Es un material orgánico Sintético rígido e indeformable constituido por una matriz Orgánica y un relleno inorgánico.	Guía de procedimiento clínico.	nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Resina compuesta nanohibrida A. • resina compuesta nanohibrida B.
DEPENDIENTE Microdureza superficial.	Resistencia a la indentación que presenta la superficie de cada material medido en Kg/mm ²	Durómetro (Vickers)	razón	0 a "X".

IV. Metodología

4.1 Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo **experimental**, ya que se manipuló las variables para determinar el efecto posterior. De corte **transversal**, ya que los resultados de la investigación fueron analizados en un solo momento.

4.2 Muestra

La fórmula para escoger la muestra fue de acuerdo a nuestros antecedentes, por ello la muestra de la investigación estuvo conformada por 20 bloques cilíndricos de resinas de 6mm de diámetro por 5mm de altura, siendo distribuidas en 2 grupos con 10 bloques en cada uno, siendo el grupo 1 conformado por la resina A y el segundo grupo por la resina B.

4.3 Procedimientos y técnicas

4.3.1 Obtención de permisos

Se gestionó los permisos necesarios a la Facultad de Ingeniería mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú a cargo del ingeniero responsable a través del decanato de la facultad, que nos permitió realizar la calibración de las muestras.

4.3.2 Confección de las muestras de resina

El molde empleado para preparar la probeta fue un tubo plástico de anestesia. Se utilizó acrílico transparente y el

embolo de una jeringa de tuberculina como base de la probeta y como embolo del molde plástico.

Las resinas fueron incrementadas en el molde de la siguiente manera:

Se elaboró 20 probetas distribuidas de la siguiente manera:

GRUPO I: 10 probetas elaboradas con la resina A.

GRUPO II: 10 probetas elaboradas con la resina B.

La temperatura del ambiente de trabajo se registró con un termómetro ambiental, obteniendo una variación de 22 ° C a 23 °C durante la elaboración de las probetas.

La preparación de las probetas de resina se realizó en una sesión: ambos grupos en horario diurno (11:00 am a 2:00pm), con iluminación artificial.

Se realizaron 10 probetas de resinas compuestas nanohíbridas por cada grupo de estudio, 10 muestras fueron de resina A y otras 10 de resina B.

Antes de iniciar la preparación de la probeta se midió la intensidad lumínica de la lámpara con un radiómetro y se registró la intensidad promedio (10 mediciones) obteniendo el valor de 1200 mW/cm².

El tiempo de polimerización de las resinas compuestas se estableció siguiendo las instrucciones del fabricante (20 s).

Para elaborar las probetas con las resinas B se utilizó una espátula de resina haciendo un único incremento hasta obtener 4 mm de altura, en caso de las resinas A viene en puntas monodosis, esta punta se insertó en la cavidad del molde utilizando una pieza de mano sónica. Cuando la punta se colocó en la cavidad se activó la pieza de mano y la

cavidad de 4 mm de altura se llenó en segundos en un solo incremento.

Antes de polimerizar la resina se colocó una cinta celuloide y sobre ella una lámina portaobjeto, la cual sirvió de punto de apoyo para aplicar presión digital y eliminar el material sobrante consiguiendo así una superficie plana y paralela a la base, luego se retiró la lámina portaobjeto y se procedió a polimerizar la probeta.

La probeta se retiró del molde y se procedió a codificarla y enumerarla en la cara transversal inferior (parte media de la cara inferior) con un plumón indeleble, los moldes fueron rotuladas con números del 1 al 10 por cada grupo, la rotulación fue de color azul para los bloques cilíndricos de la resina A y de color rojo para los bloques cilíndricos de la resina B para su posterior almacenamiento.

Se obtuvo 10 probetas para el grupos I y 10 probetas para el grupo II, las cuales fueron pulidas inmediatamente.

De acuerdo con la literatura, en este estudio, la preparación de la superficie luego de la polimerización se realizó con pulido y brillo a espejo, para retirar una posible capa inhibida que generaría menor dureza y bajo grado de conversión, paso que contribuye a lograr mejor contraste y reflectancia en el analizador de imágenes al observar la indentación realizada con el durómetro. Para el pulido de las probetas se utilizó discos de pulido cubiertos con Oxido de Aluminio, siguiendo las instrucciones del fabricante y utilizando los discos desde el grano grueso hasta el grano superfino con un intervalo de 20 seg. Para cada disco.

Posterior al procedimiento de pulido, las probetas fueron almacenadas en agua destilada a 37° C en una estufa durante 24h con la finalidad de garantizar un mismo tiempo de curado

para todas las probetas, para luego proceder a realizar los ensayos de dureza.

4.3.3. Medición de la microdureza superficial

La medición de la microdureza superficial se realizó en el laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se utilizó el método de Vickers con un microdurómetro (ZHV Zwick Roell, Alemania).

Una vez culminado el tiempo de almacenamiento se procedió a realizar el ensayo de dureza Vickers en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, según las instrucciones y normas del microdurómetro digital (ZHV Zwick Roell, Alemania).

En cada muestra se realizó 5 indentaciones en 5 puntos diferentes bajo una carga de 500g-f por 10 segundos, el valor de microdureza superficial se determinó midiendo las diagonales de cada hendidura con un microscopio de 20X y que se registró en micras, este valor se trasladó a un software proporcionado por el fabricante del durómetro, donde se obtuvo de manera directa el valor de dureza superficial de cada indentación expresada en HV (Hardness Vickers).

Finalmente los valores obtenidos de cada indentación fueron trasladados a una tabla de valores de microdureza superficial en unidades HV para cada muestra.

Se tomaron micro fotografías de las indentaciones que se realizaron en las superficies de las probetas, con la ayuda de un microscopio electrónico de 20X propio de la máquina de indentación para ensayos de dureza Vickers.

4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS:

Los valores de la microdureza obtenidos fueron registrados en una ficha elaborada previamente para este estudio (ANEXO 1). En esta tabla se colocaron los materiales a estudiar que son la resina A y la resina B con los números de muestra correspondientes de cada una, enumerada de 1 al 10 para cada grupo y al costado de cada una se colocó los valores de microdureza de las cinco indentaciones y el promedio final de las mismas.

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS:

Los datos obtenidos fueron procesados mediante métodos estadísticos SPSS 22. Se realizaron cálculos de Media X, Desviación Estándar, Tolerancia y Grados de Libertad para determinar si es que había una variación estadísticamente significativa entre las medidas de microdureza de los dos materiales evaluados. Se usó la prueba de T- STUDENT para el análisis diferencial.

V. RESULTADOS

Luego de someter los bloques de resina al durómetro, los datos fueron registrados en 2 grupos, siendo el primer grupo la resina A, y el segundo la resina B, se registró los datos en sus respectivas fichas de recolección de datos (ver anexo N° 9), luego se realizó un procesamiento electrónico de los datos empleando para ello el paquete estadístico SPSS versión 22, se le realizó la prueba de shapiro wilk para obtener la distribución en cada grupo, obteniéndose distribución normal en ambos grupos, para determinar la homogeneidad entre cada grupo de estudio se utilizó la prueba de Levene. Se observó que el grupo de resina A tuvo un promedio de microdureza superficial que fue 72,78, siendo el valor mínimo de microdureza 71 y el valor máximo de 75,6. El grupo de la resina B, presentó un promedio de microdureza de 51,54, siendo el valor mínimo de microdureza de 49,60 y el valor máximo de 53,40. Mediante la prueba estadística T de Student se aceptó la hipótesis planteada: La microdureza superficial de la resina compuesta nanohibrida A es mayor que la microdureza superficial de resina compuesta nanohibrida B. (TABLA 03).

PROMEDIO DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL PARA LA RESINA A

Usando pruebas estadísticas se obtiene:

TABLA 01 Análisis de media de la resina A.

TIPO DE RESINA	N	MEDIA	DESVIACION ESTÁNDAR	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
RESINA A	10	72,78	1,68	75,6	71

De la tabla 01 podemos interpretar que la microdureza superficial de la resina compuesta nanohibrida A en promedio es de 72.78, con una desviación estándar de 1.68, se observa también que el rango de valores se encuentra entre 71 Y 75,6.

PROMEDIO DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL PARA LA RESINA B

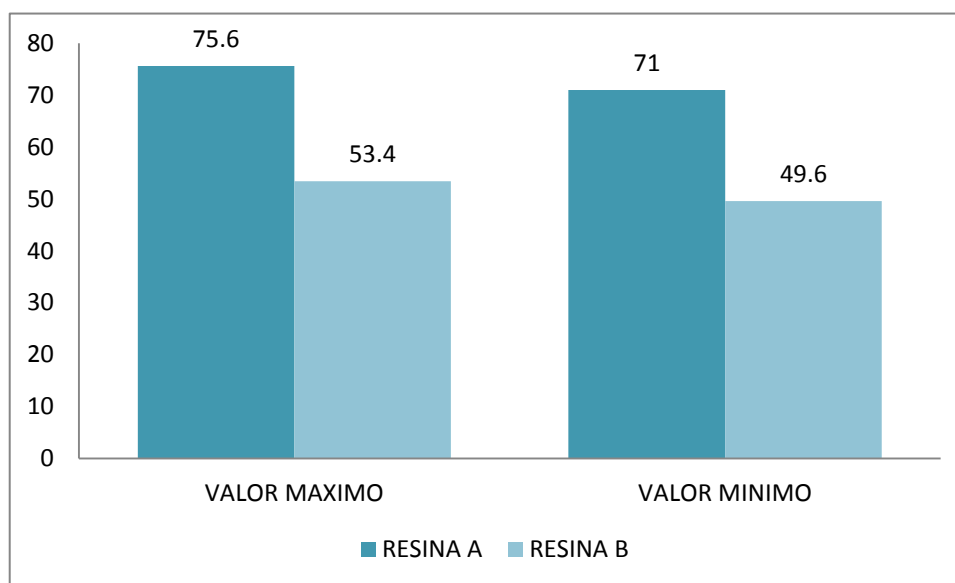
TABLA 02 Análisis de media de la resina B.

TIPO DE RESINA	N	MEDIA	DESVIACION ESTÁNDAR	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
RESINA B	10	51,54	1,22	49,6	53,4

De la tabla 02 podemos interpretar r que la microdureza superficial de la resina compuesta B en promedio es de 51,54 con una desviación estándar de 1.22, el rango de valores se encuentra entre 49,6 y 53,4.

VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE MICRODUREZA SUPERFICIAL

GRÁFICO 3: Valores máximos y mínimos de microdureza superficial para la resina A y B.



En el gráfico 3 se puede apreciar la comparación entre los valores mínimos y máximos de la resina nanohibrida A y B. Donde la resina A presento un valor mínimo de 71 y un valor máximo de 75,6 mientras que la resina B presento un valor mínimo de 49,6 y un valor máximo de 53,4.

T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE RESINA A y B

Empleando la prueba T de Student, comparamos los dos grupos. Se observó lo siguiente:

TABLA 03 T-Student para comparar microdureza superficial entre resina compuesta nanohibrida A y B.

resina	Nº	media	E.S	D.S	IC 95%	
					mínimo	máximo
Resina A	10	72.78	0.53	1.68	71,5764	73,9836
resina B	10	51.54	0.38	1,2222	50,6657	52,4143

$$T = 32.29$$

$$p = 0.0000$$

En la tabla de distribución T, se trabajó con un nivel de confianza de 0.05, se comparó la microdureza superficial en el grupo de resinas A y B, se utilizó la prueba estadística T de Student al comparar la microdureza superficial se encontró diferencia estadística significativa entre estos 2 grupos ($p < 0.05$), por lo cual podemos concluir que las resinas A y B mostraron diferencias estadísticamente significativas en su valor de microdureza superficial. Observándose que al comparar la microdureza superficial promedio de la resina A fue mayor a la resina B.

VI. DISCUSION

Las resinas Compuestas son ampliamente utilizadas en odontología, por ello se han presentado numerosos estudios que han aportado al desarrollo de diferentes tipos de resinas compuestas, convirtiéndose éste, en uno de los principales objetos de estudio en materiales dentales, intentando día a día mejorar sus características físicas, tanto estéticas como mecánicas. Las resinas compuestas son una buena respuesta para la necesidad operatoria estética de los pacientes en la actualidad, pero su adecuado uso en el sector posterior implica adecuadas propiedades mecánicas.

Este estudio tuvo como objetivo medir la microdureza superficial en dos tipos diferentes de resinas compuestas nanohíbridas que están indicadas como material de restauración para dientes posteriores.

Se determinó la dureza, que es útil para analizar la resistencia a la indentación de la resina, que puede relacionarse con su resistencia al desgaste y su capacidad de pulido y brillado.

La fase experimental de la metodología fue realizada según las normas ISO establecidas para materiales poliméricos, ya que es importante estandarizar cada paso para que sean más relevantes los resultados obtenidos. Una dificultad en la medición de la indentación en la superficie durante la prueba de dureza Vickers, se debe a que las partículas de relleno expuestas sobre la sección o el espécimen causan reflexión de la luz. Consecuentemente, para la rutina de prueba, la indentación se hace generalmente sobre una superficie polimerizada, lisa, tersa y brillante. Por lo tanto, de acuerdo con la literatura; en este estudio, la preparación de la superficie luego de la polimerización, se realizó con pulido y brillado a espejo, para retirar una posible capa inhibida que generaría menor dureza y bajo grado de conversión, paso que contribuye a lograr mejor contraste y reflectancia en el analizador de imágenes al observar la indentación realizada con el durómetro.

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron similares con los estudios realizados por Frederico Catalão y col , donde evaluaron la microdureza de resinas A y B encontrando que los valores de dureza observados en la resina A fueron significativamente mayores que los de Las resina B. ellos atribuyeron este resultado debido a que la resina A presenta una carga de relleno inorgánico (83,5% en peso) mientras que la resina B presenta una carga de relleno inorgánico de (75% en peso)⁸.

Otro estudio realizados por Ignacio Botto González; donde encontró que la resina A tuvo mayor microdureza respecto a una resina convencional .Ellos atribuyen estos resultados debido a que la resina A al ser aplicado en un sólo incremento, permite obtener un bloque homogéneo, libre de burbujas y contaminantes que influyan negativamente en las propiedades físicas de las resinas luego de ser polimerizadas. Además indican que la resina A, es una resina compuesta nanohíbrida con una carga de relleno inorgánico mayor, lo que permitiría justificar también su mejor rendimiento en las pruebas de microdureza superficial en comparación con la resina convencional Herculite® Precis⁹.

Otro estudio que ratifico los resultados de esta investigación fue la de Poggio C. y col. donde evaluaron la microdureza superficial respecto al tiempo y grado de polimerización de resinas nanohíbridas frente a otras resinas microhíbridas y de nanorelleno, obteniéndose el mayor valor de microdureza para la resina nanohíbrida (Grandio), ellos plantean que probablemente la causa de este resultado es que esta resina presenta el más alto contenido de relleno entre las resinas evaluadas .Así argumentan que los resultados no dependieron de la polimerización sino que fueron generalmente dependientes del material evaluado. Además encontraron que el tiempo de curado no afectó los valores de dureza⁷.

Las investigaciones han demostrado que los valores de dureza son influenciados principalmente por el material, el tipo de partícula, su distribución dentro de la matriz y su porcentaje en peso .Salas Y, (2013),

evaluó de la microdureza superficial en resinas compuestas nanohíbridas y microhíbridas. Encontrando que la resina nanohíbrida tuvo mayor valor de microdureza superficial¹¹.

Los resultados del presente estudio fueron similares a estudios experimentales anteriores, que demostraron que las resinas compuestas nanohíbridas con mayor porcentaje de relleno inorgánico muestran un mayor valor de microdureza, comparable con las resinas que presentan menor porcentaje de relleno inorgánico. Con los resultados obtenidos en este estudio podríamos afirmar que aumentando el contenido volumétrico de partículas inorgánicas, y modificando el tipo, la química, la morfología y el tamaño de la partícula se puede generar un aumento en la dureza, y que un grado de conversión elevado de las resinas compuestas, es directamente proporcional al aumento de la dureza superficial.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se pudo establecer que existen diferencias significativas en la dureza superficial entre la resina A y B.

VII. CONCLUSIONES

1. El promedio de microdureza superficial de la resina compuesta nanohibrida A fue mayor, obteniendo su valor mínimo y su valor máximo.
2. El promedio de microdureza superficial de la resina compuesta nanohibrida B fue menor, obteniendo su valor mínimo y su valor máximo.
3. La resina compuesta nanohibrida A presento valores de microdureza significativamente superiores a la resina compuesta nanohibrida B.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de otras propiedades de la resina compuesta aplicadas en un solo bloque en dientes extraídos.
2. Se recomienda hacer otros estudios de microdureza usando otros sistemas de polimerización.
3. Se recomienda realizar estudios sobre la profundidad de polimerización de las resinas compuestas aplicadas en un solo bloque.

IX. Referencia bibliografía

1. Sturdevant A, Barton F, Sockwell G, Strickland J. Arte y Ciencia de la Operatoria Dental. 2da edición. Argentina: Ed Panamericana B.B.A.A; 1987.347- 351p.
2. Phillips R, Avery D, Mehra R, Swatz M, Mccone R. Observations on a composite resin for class II restorations: Three-years report. J. Prost. Dent. 1973; 30(6):891-897.
3. Thompson J. Laboratory Research Report: Evaluation of Sonic Fill Composite. NOVA Southeastern University.2010; 33(2): 21-22p.
4. Baldión P, Vaca D, Álvarez C, Agatón D. Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de diferentes tipos de resina compuesta .Revista Colombiana de Investigación en Odontología [Internet]. 2011[16 marzo 2014]; 1 (3):51 – 59. Disponible en: <http://www.rcio.org/index.php/rcio/article/view/19/25.pdf>.
5. Valverde S, Montero O. Microdureza de las resinas compuestas marca filtek Z350 (3M) y TPH3 (dentsply) utilizadas en un servicio de odontológico de la caja costa ricense de seguro social. Rev. Cient. Odontol. [Internet]. 2012[16 marzo 2014]; 8 (2):13-17. Disponible en : <http://colegiodentistas.org/revista/index.php/revistaodontologica/articloe/viewFile/187/301>
6. Ana M, Mario P, Ema F. Estudo de novas resinas compostas: microdureza e profundidade de polimerização .Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofacial [Internet]. 2012[10 oct 2013]; 53(1):1-23. Disponible en: <http://www.elsevier.pt el>.

7. Poggio C, Lombardini M, Gaviati S, Chiesa M. Evaluation of Vickers hardness and depth of cure of six composite resins photo-activated with different polymerization modes. J Conserv Dent [Internet] 2012 [13 Set 2014]; 15(1):237-241.disponible en:
<http://www.jcd.org.in/text.asp?2012/15/3/237/97946>.

8. Frederico Catalão. Efeito do método de polimerizaçãona profundida de polimerizaçãode compósitos bulk-fill. Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac [Internet] .2013[10 Oct 2013]; 54(1):1– 59. Disponible en :
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rpemd.2013.12.015>

9. Boto I, Aizencop D, Bader M. Resistencia compresiva y dureza superficial de un sistema de resina compuesta monoincremental v/s uno convencional. Rev. Biomater. Sociedad científica Grupo Chileno de Materiales Dentales [Internet]. 2014[22 abril 2014]; 1(2):13-31. Disponible en : <http://www.biomater.cl/tag/tecnica-monoincremental/>

- 10.Regalado M, Rabelo S, Salvador V, Nara A, Ferrarezi M. Evaluation of degree of conversion and hardness of dental composites photoactivated with different light guide tips. Eur J Dent [Internet] 2013[13 Set 2014]; 7 (1):86-93. Disponible en http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3571515/pdf/dent7_p0086.pdf

- 11.Salas Y. Estudio in vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilato Z350 XT y Silorano P90. [Tesis]. Lima (Perú): Universidad nacional mayor de san marcos; 2013.

- 12.Swift E., Perdigao J., Heymann H. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. Quintessence International.1995; 26 (2):95-110.

13. Leinfelder K. New developments in resine restorative systems. JADA. 1997; 128(3):573-575.
14. Lopes G. et al. Dental adhesion: Present state of the art and future perspectives. Quintessence International .2002; 33(5):213-224.
15. Craig R. Materiales Dentales Restauradores. 7º. Edición. Argentina Editorial Mundi S.A.I.C. y F;1988.237-266p.
16. Pamir T, Türkün M. "Factors affecting microleakage of a packable resin composite: an in vitro study". Oper Dent. 2005.30(3):338-45
17. Anseth K. Goodnerl M. Reill M. Kannurpattil A. Newman S, Bowmanl C. The Influence of Comonomer Composition on Dimethacrylate Resin Properties forDental Composites. J Dent Res .1996; 75(8):1607-1612.
18. Bayne S, Heymann H, Swift E. Update on dental composite restorations. J Am Dent Assoc. 1994; 125(6):687-701.
19. Sarrett D. Clinical Challenges and the relevance of materials testing for posterior composites restorations. Dental Materials. 2005; 21(5): 9-20.
20. Chain M, Camargo C, Andriani O. Dominando os desejos econtrolando as expectativas. Alves, R. Nogueira, editores. Estética. São Paulo. Brasil: Editorial Arte y Ciencia Médica Latinoamericana; 2002. 313p.

21. Saavedra P. comparación in vitro del grado de resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos single bond y adper single bond 2. [Tesis].Chile: universidad de chile; 2006[03 abril 2014].23-24p.Disponible en:
http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/saavedra_p/sources/saavedra_p.pdf
22. Albers H. Selección y colocación de Materiales. Odontología estética. Primera edición. Barcelona: Labor; 1988. 21-25p.
23. Williams G, Celis J, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Nano-indentation hardness and Young's modulus of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. J. Biomed Mater Res. 1992; 27(4):747-755.
24. Davidson C., Feilzer A. Polymerization shrinkage and polymerization Shrinkage estrés in polymer-based restoratives. J Dent. 1997; 25(6):435-440.
25. Bowen R. Properties of silica reinforced polymer for dental restoration. J. Am DentAssoc. 1963; 66(2):57-64.
26. Mohsen N, Craig R. Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems. J. Oral Rehabil. 1995; 22(7):183-189.
27. Mohsen N, Craig R. Hydrolytic stability of silanated zirconium silica-urethane dimethacrylate composites. J. Oral Rehabil. 1995; 22(8):213-220.
28. Anusavice K, Phillips. Ciencia de los Materiales Dentales. décima edición. Madrid: El sevier; 2004.295p.

29. Barrancos Mooney J. Operatoria Dental Integración Clínica 4ta Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2006.728-744p.
30. Lutz f, Phillips R. A classification and evaluation of composite resinsystems. J Prosthet Dent. 1983; 50(4):480-488.
31. Philips R. La ciencia de los materiales dentales. 9na edición. México: Editorial Interamericana; 1993.516-518p.
32. Belvedere P. Posterior composites experiencing growth trend. Dentistry Today. 1999; 18(3): 46-47.
33. Bayne C. Perspective: Our future in restorative dental materials. J.Esthetic Dent. 2000; 12(1):175-183.
34. Miyasaka T. Effects of shape and size of silanated fillers on mechanical properties of experimental photo cure composite resins. J. Dent materials.1996; 15(1):98-110.
35. Braga R. Ballester R. Ferracane J. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater .2005; 21(1):962-970.
36. Wakefield C. Kofford K. Advances in restorative materials. Dent Clin North Am. 2001; 45(1):7-29.
37. Lutz F, Krejci I, Oldenburg T. Elimination of polymerization stresses atthe margins of posterior composite resin restorations: A new restorative technique. Quintessence Int .1986; 17(1):777-784.
38. Dietschi D, Magne P, HOLZ J. Recent trends in esthetic restorations forposterior teeth. Quintessence Int. 1994; 10(1):659-677.

39. Yin R. Heiss M. Sharp L. Suh B. Development and physical properties of a new low shrinkage composite. J. Dent. Res. 2002. 80(1):514-517.
40. Geraldi S. Perdigão J. Microleakage of a New Restorative System in posterior teeth. J. Dent. Res. 2003; 81(1):127-132.
41. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. 2da Edición. Madrid: editorial Ripano; 2009. 241-242p.
42. Rodríguez G, Pereira S. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. Acta Odontológica Venezolana .2008; 46(1):19.
43. Nicoluzzi A, Ribeiro M, Candido A, Rabelo R .Influencia del envejecimiento artificial acelerado sobre la resistencia a la compresión de resinas compuestas. Acta odontol. Venez [Internet]. 2008 [enero 2014]; 46(4):465-468. Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000400011&lng=es.
44. Revilla S, Microdureza superficial in vitro de resinas de nanotecnología, frente a la acción de dos bebidas carbonatadas [Tesis]. Lima (Perú): Universidad nacional mayor de san marcos; 2011.20-30p.
45. Kerr Corporation. Perfil técnico del producto Sonic Fill™, USA.2011.
46. Ivoclar Vivadent S.A. Perfil técnico del producto Tetric® N-Ceram Bulk Fill . Madrid.2012.
47. Salas Y. [Tesis]. Estudio in vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilato Z350 XT y Silorano P90. Perú: Universidad nacional mayor de san marcos; 2013. 44-45p.

48. Macchi R. Materiales dentales. Fundamentos para su estudio 4ta ed. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 2007.34-35p.
49. Craig R. Materiales dentales. 6ta edición Madrid: Editorial Mosby/Doyma; 1998.101p.
50. Cova J. Biomateriales dentales. Bogota: Editorial AMOLCA. Actualidades Médico Odontológicas Latinas; 2004. 215-216p.
51. Philips R. La ciencia de los materiales dentales de Skinner. 9na edición. México: Editorial Interamericana; 1993.516-518p.
52. Tauquino J. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento de ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. [Tesis]. Lima (Perú): Universidad nacional mayor de san marcos; 2004.26-28p.
53. Friedenthal M. Diccionario Odontológico. 2da Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1996: 286, 403, 489,820p.
54. Jablonski S. Diccionario ilustrado de odontología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1992.396p

ANEXOS

ANEXO N°1 : FICHA DE RECOLECCION DE DATOS.

RESINA	Nº de muestra	MICRODUREZA SUPERFICIAL					
							promedio
A	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
B	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	5						
	7						
	8						
	9						
	10						

ANEXO 2: FOTOGRAFÍA DE MATERIALES.



IMAGEN Nº 03: materiales

ANEXO 3: RESINAS USADAS EN EL ESTUDIO



IMAGEN Nº 04: Resina A



IMAGEN Nº 05: Resina B

ANEXO Nº 4: ELABORACIÓN DE PROBETAS



IMAGEN Nº 06: relleno de la resina A, al molde.

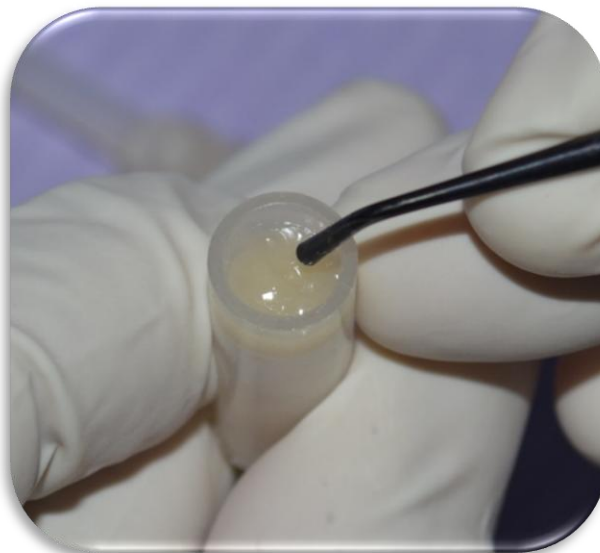


IMAGEN Nº 07: relleno de la resina B, al molde.

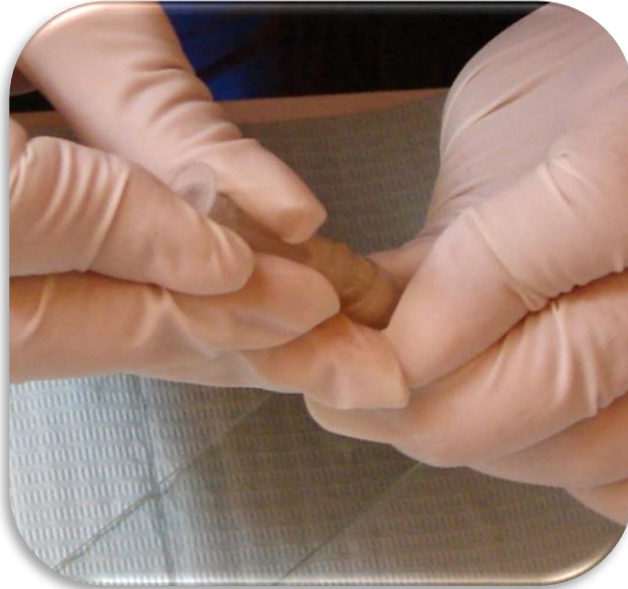
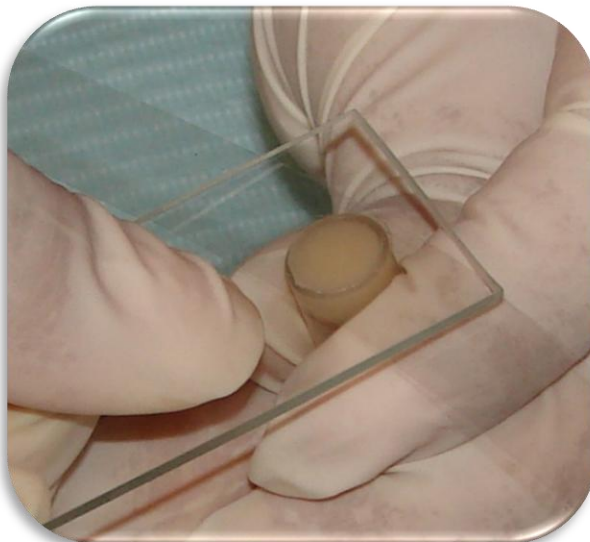


IMAGEN Nº 08: presión para eliminar burbujas.



**IMAGEN Nº 09:eliminacion de excesos con un porta
objetos**



IMAGEN Nº 10: fotocurado a una intensidad de 1200 x 20 s.



IMAGEN Nº 11 : retiro de la probeta del molde



IMAGEN Nº 12: pulido de la probeta.

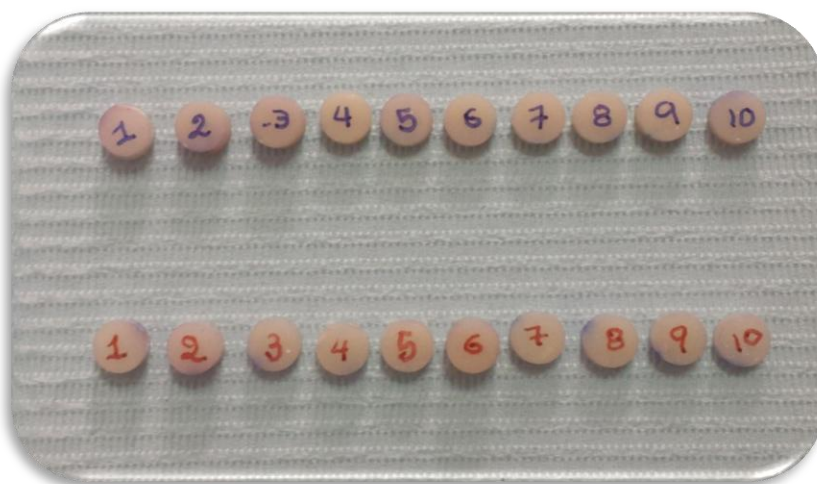


IMAGEN Nº 13 :codificación

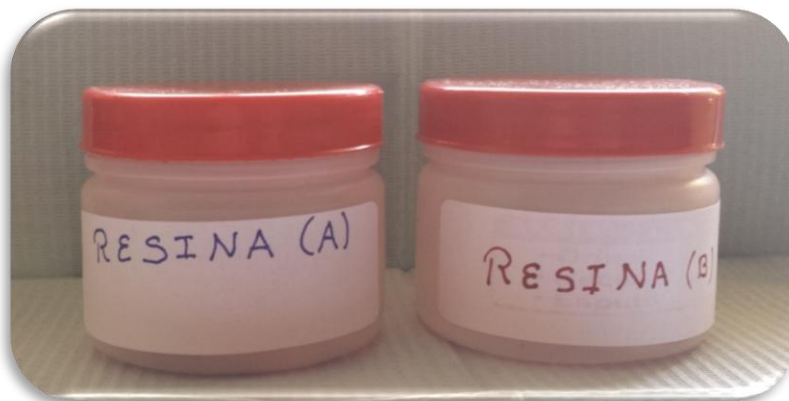


IMAGEN Nº 14: probetas en suero fisiológico.

ANEXO 5: fotos del laboratorio de materiales y durómetro



IMAGEN N° 13 : laboratorio de materiales

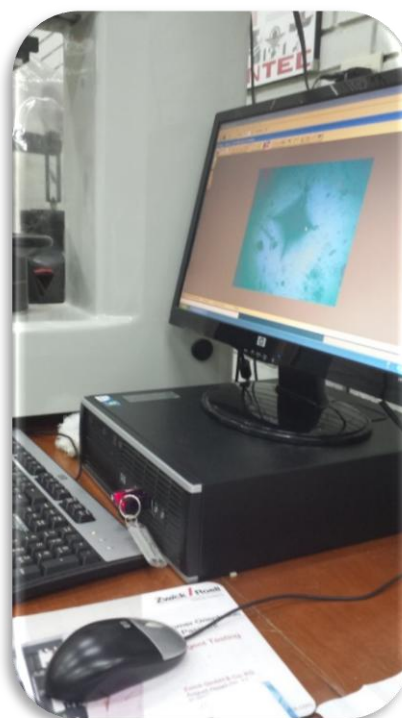
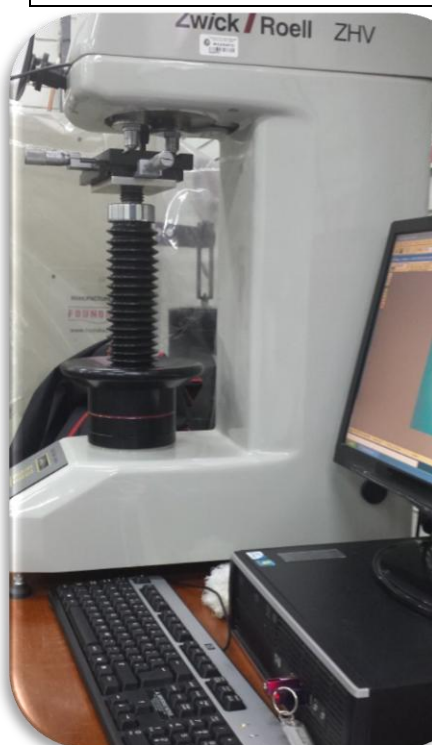


IMAGEN N° 14: durómetro vicker.



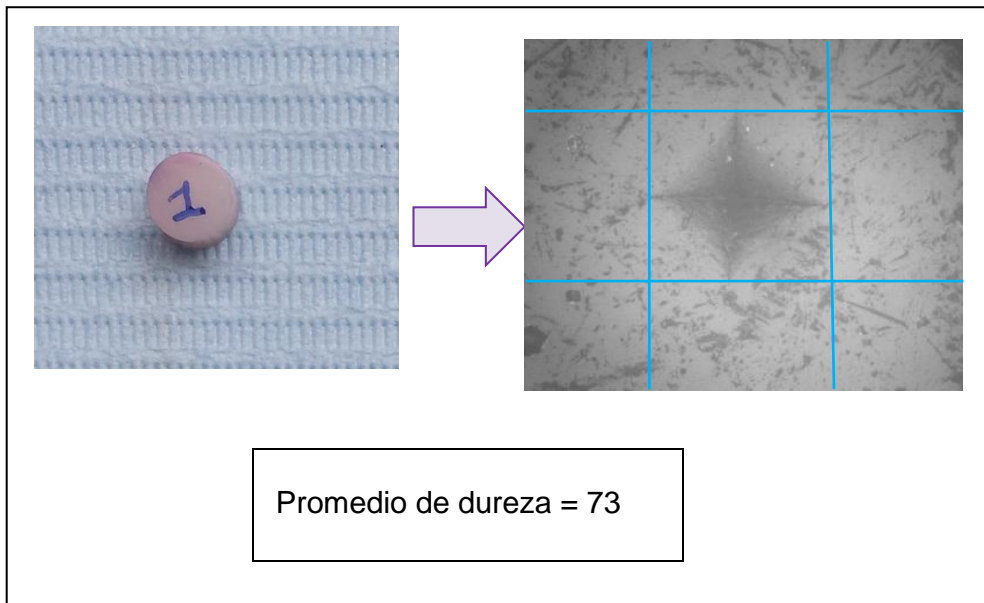
IMAGEN Nº 14: indentación.

ANEXO 6: microfotografías del ensayo de laboratorio donde muestra las indentaciones a una carga de 500g en un intervalo de 10 segundos.

RESINA A

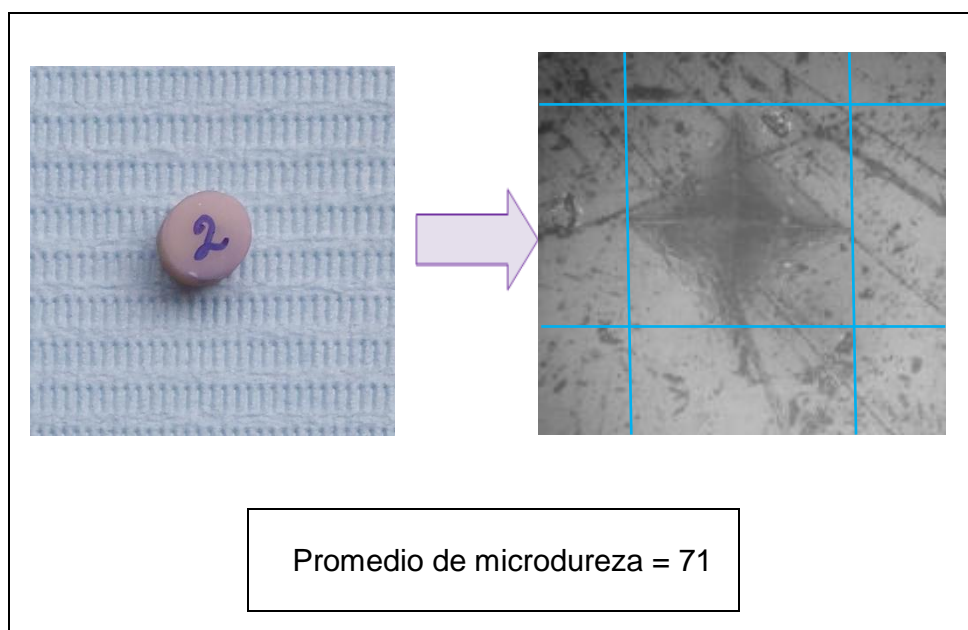
MUESTRA 1:

Indentación dejada en la muestra 1.



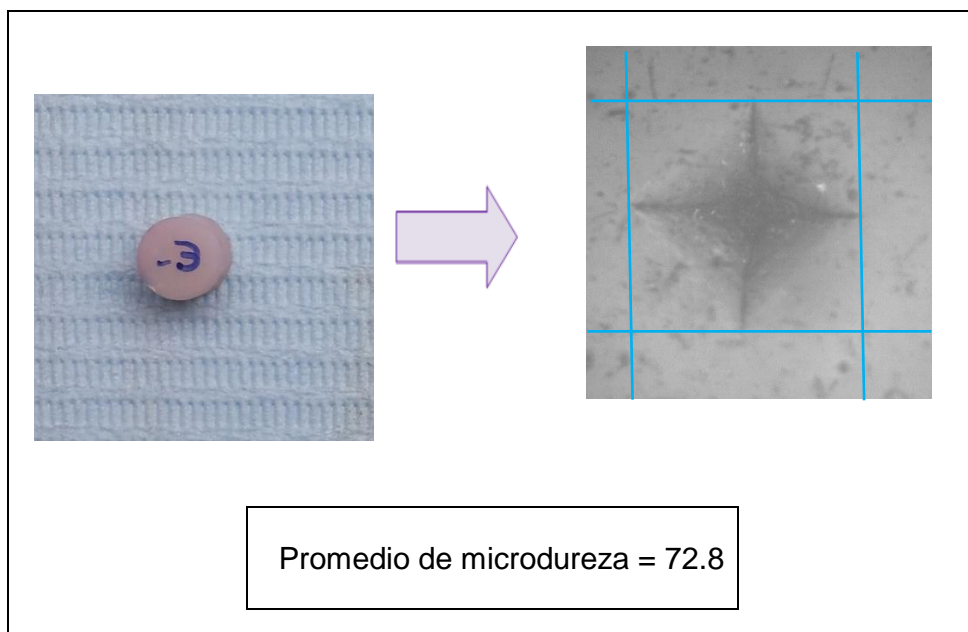
MUESTRA 2:

Indentación dejada en la muestra 2.



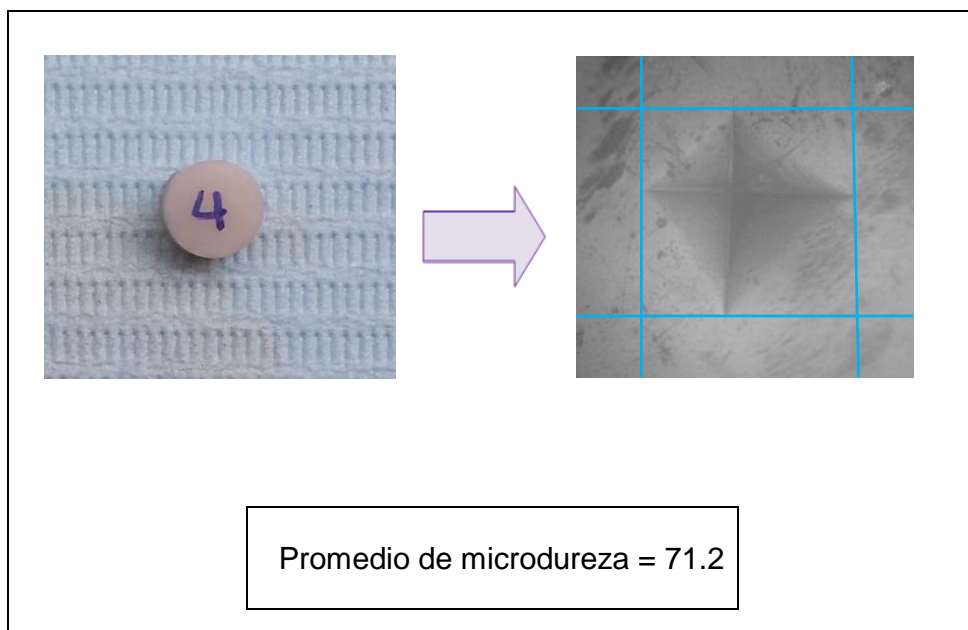
MUESTRA 3:

Indentación dejada en la muestra 3.



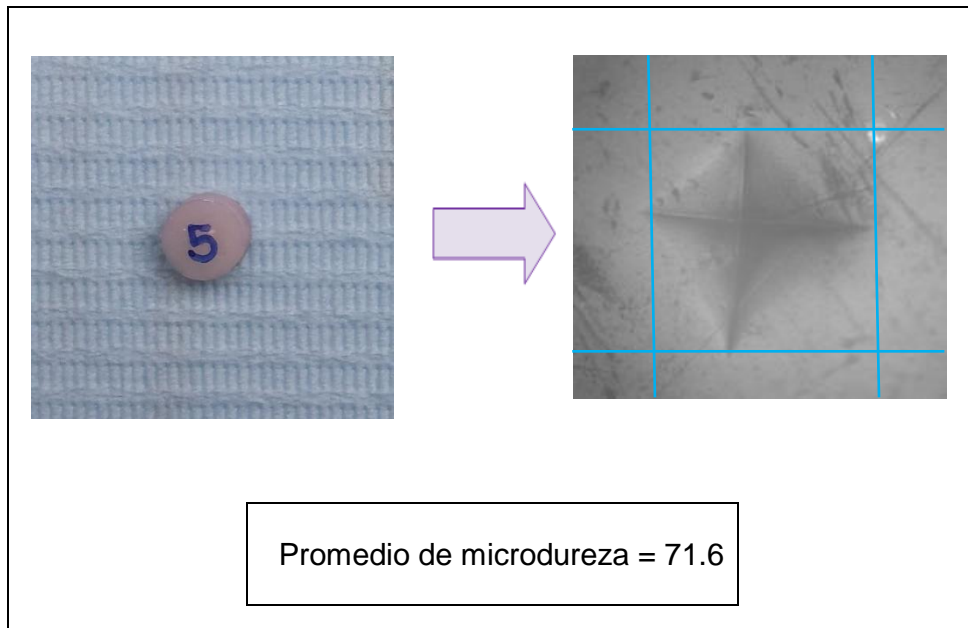
MUESTRA 4:

Indentación dejada en la muestra 4.



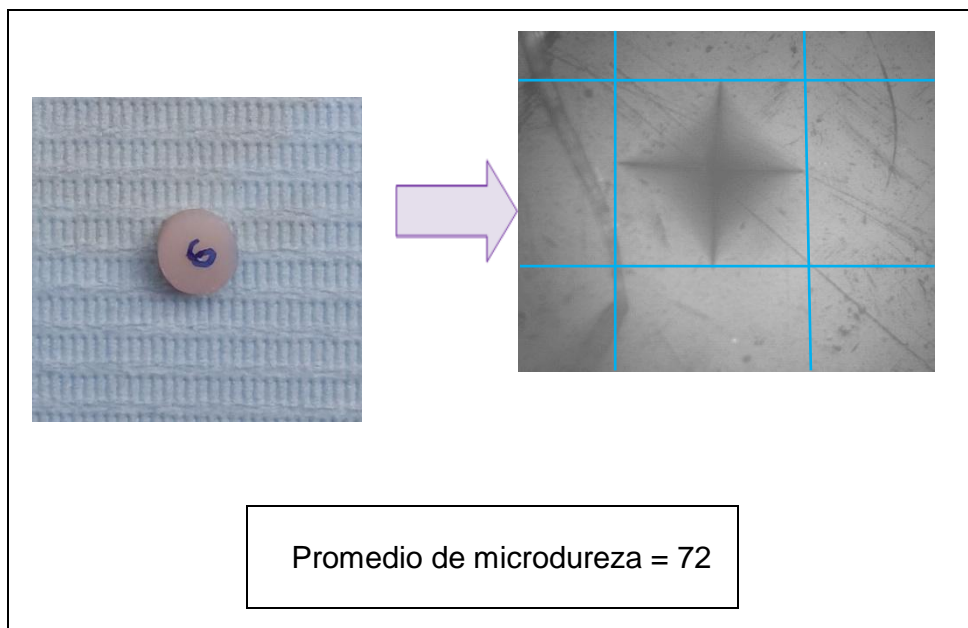
MUESTRA 5:

Indentación dejada en la muestra 5.



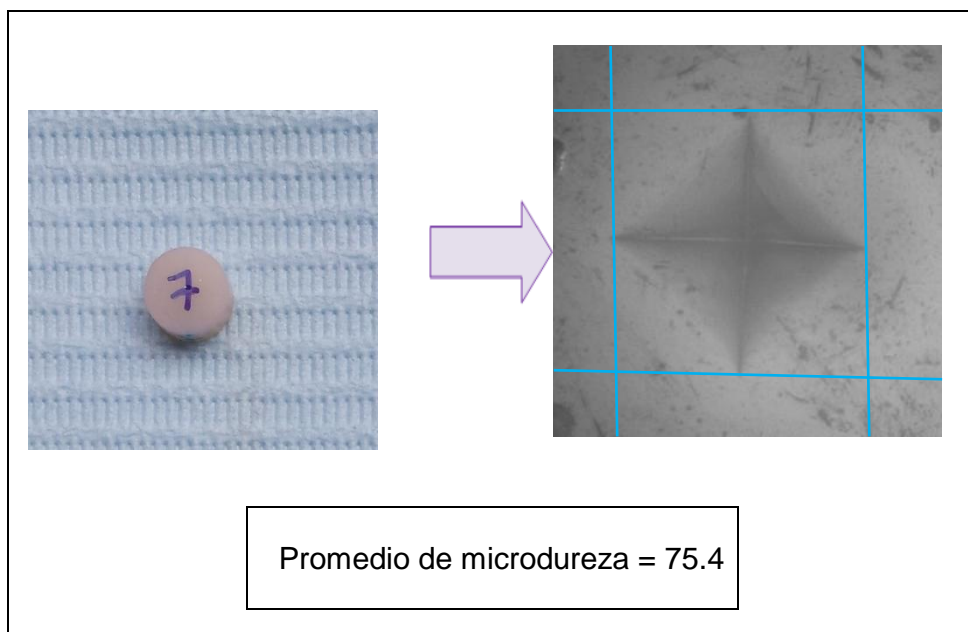
MUESTRA 6:

Indentación dejada en la muestra 6:



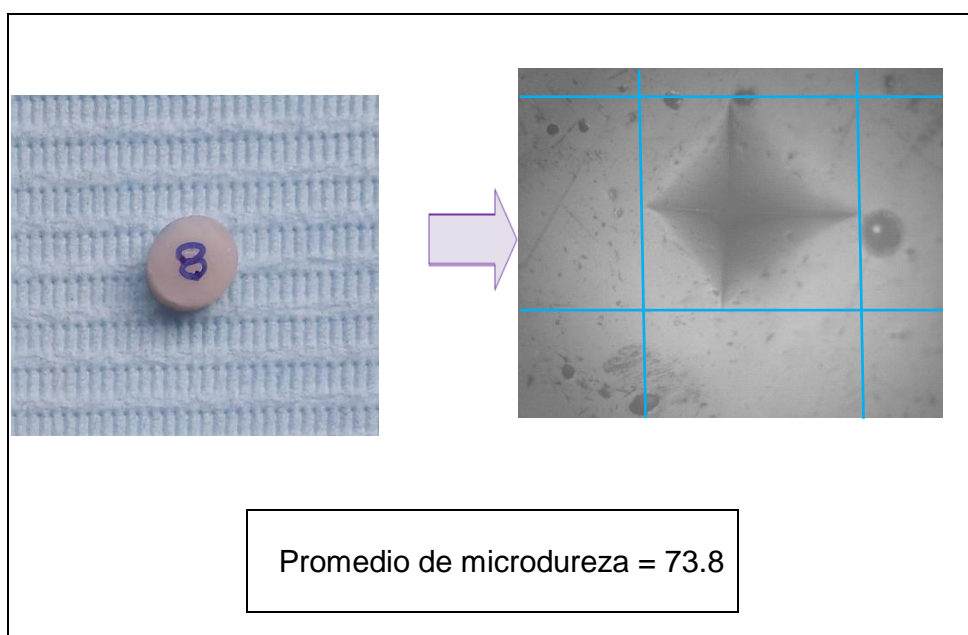
MUESTRA 7:

Indentación dejada en la muestra 7.



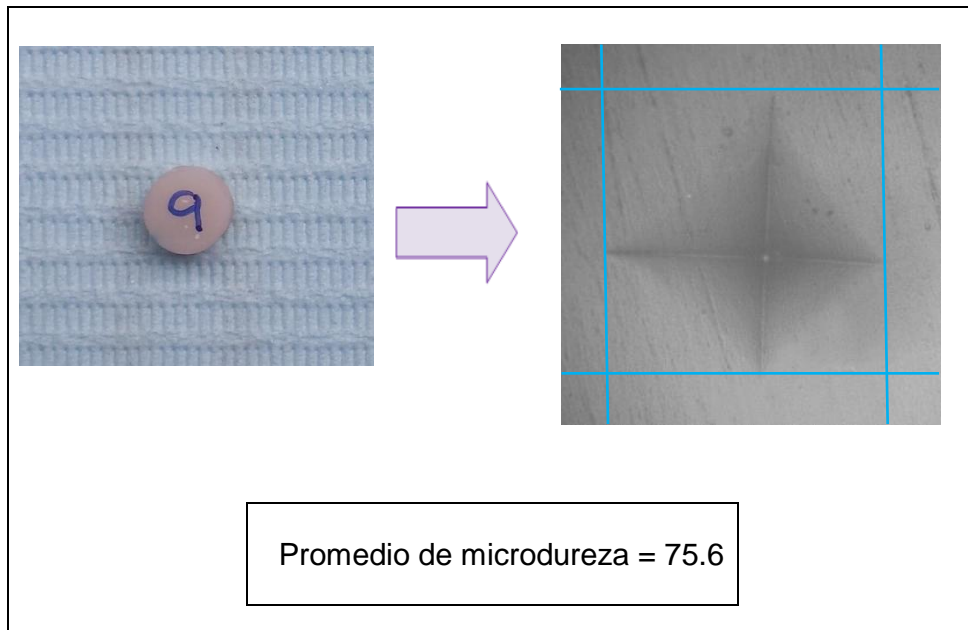
MUESTRA 8:

Indentación dejada en la muestra 8.



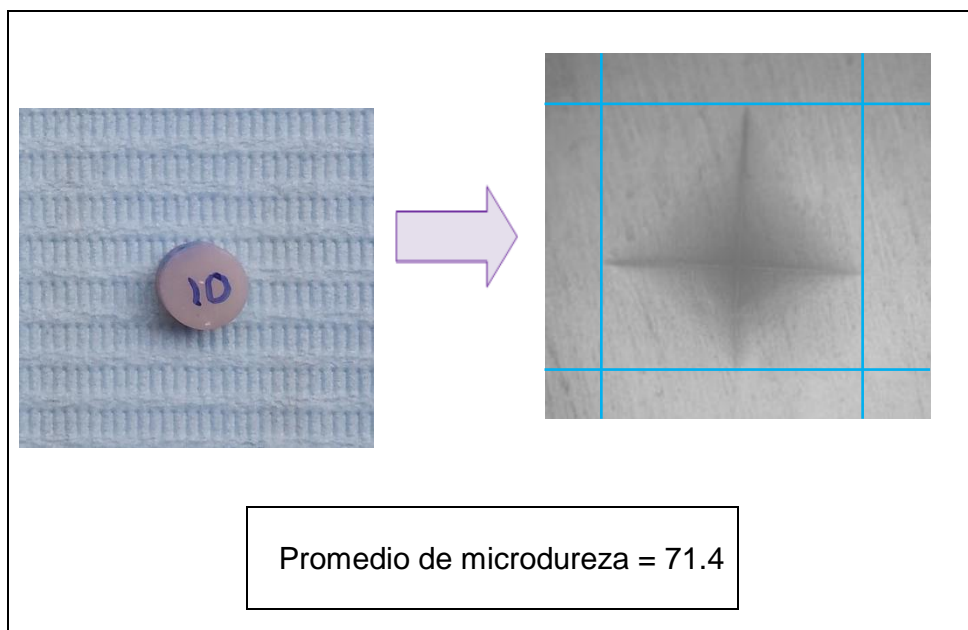
MUESTRA 9:

Indentación dejada en la muestra 9.



MUESTRA 10:

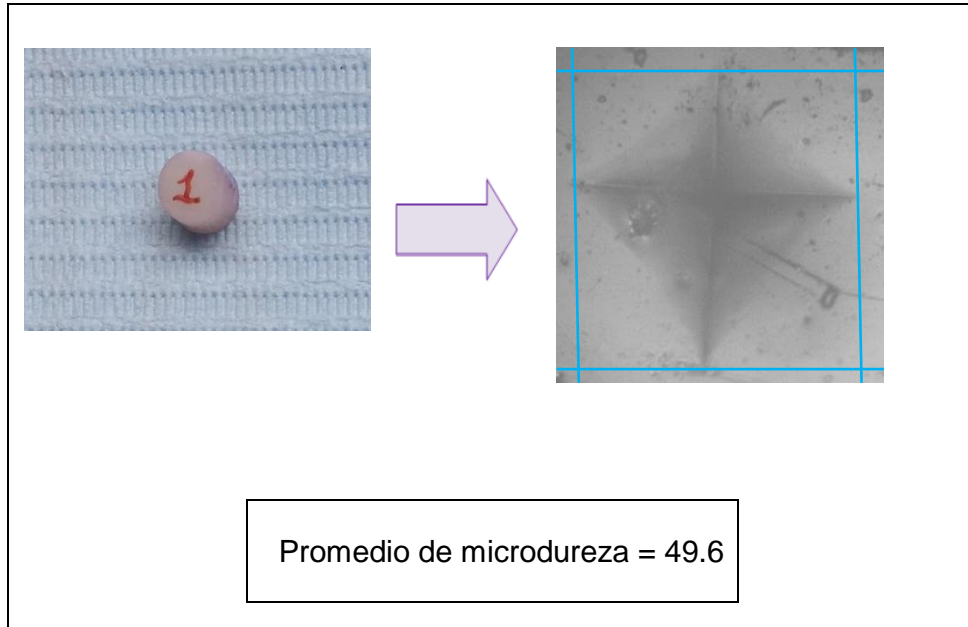
Indentación dejada en la muestra 10.



RESINA B

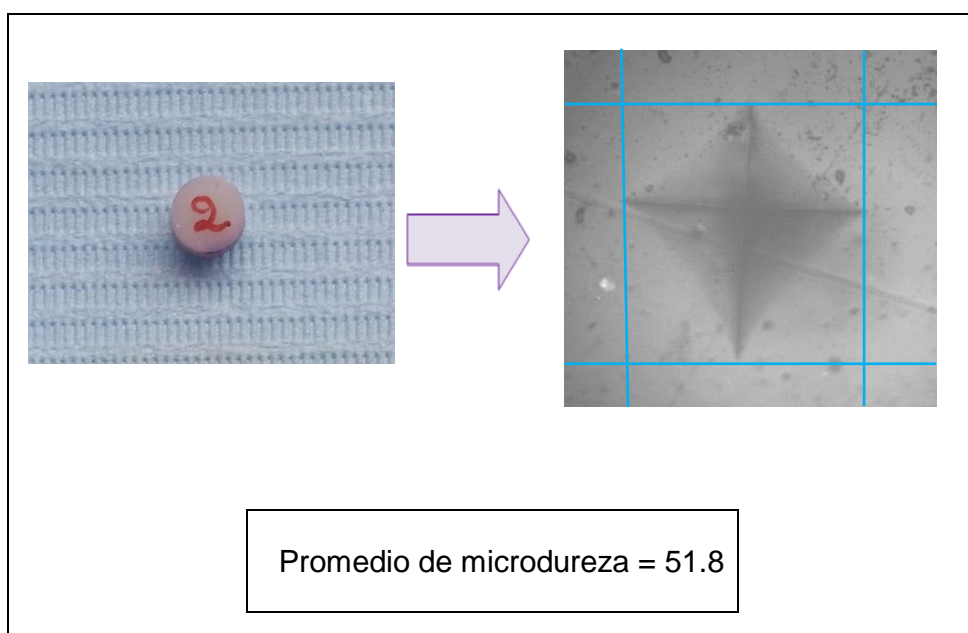
MUESTRA 1:

Indentación dejada en la muestra 1.



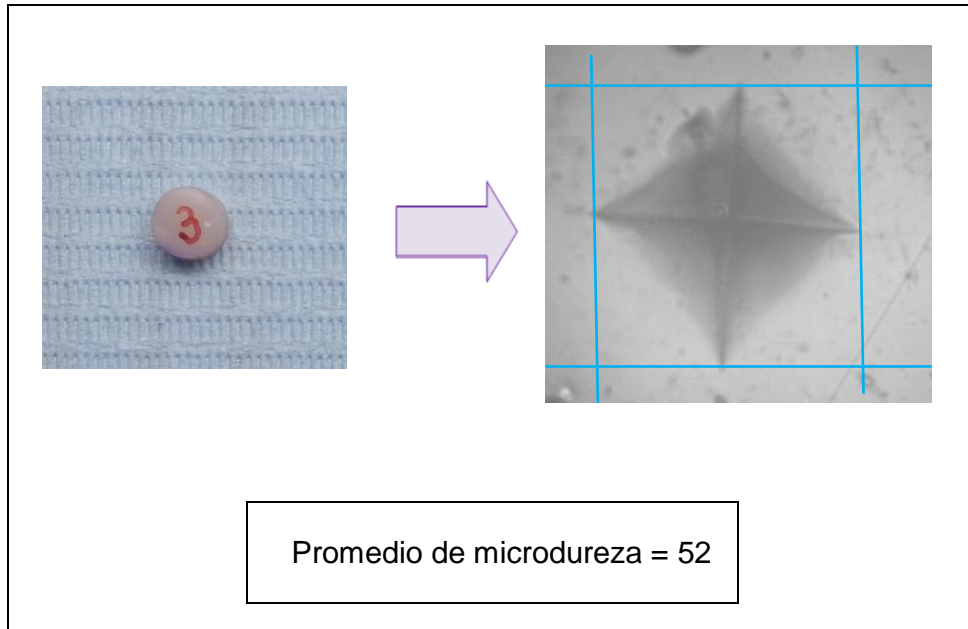
MUESTRA 2:

Indentación dejada en la muestra 2.



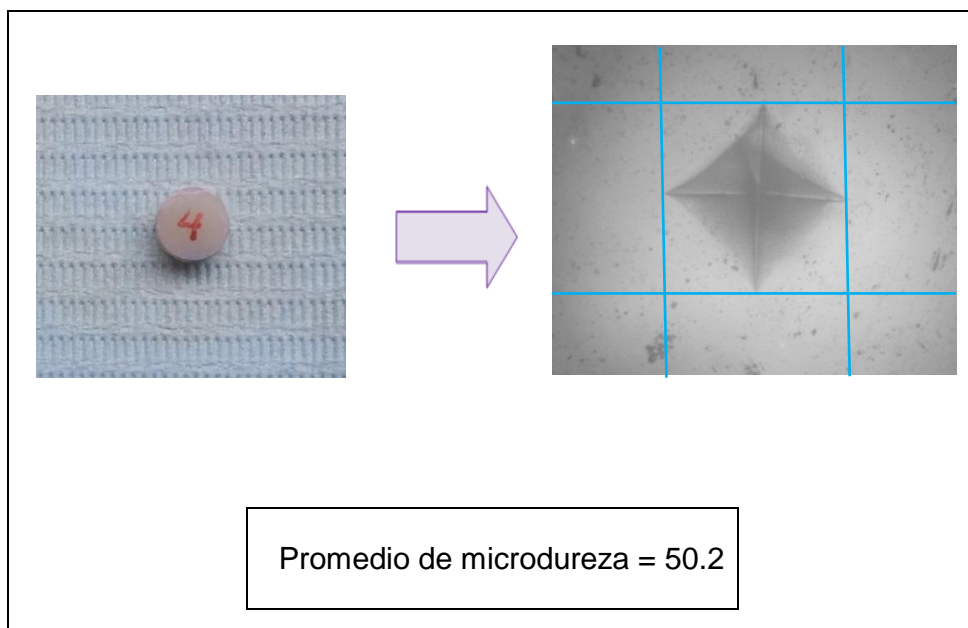
MUESTRA 3:

Indentación dejada en la muestra 3.



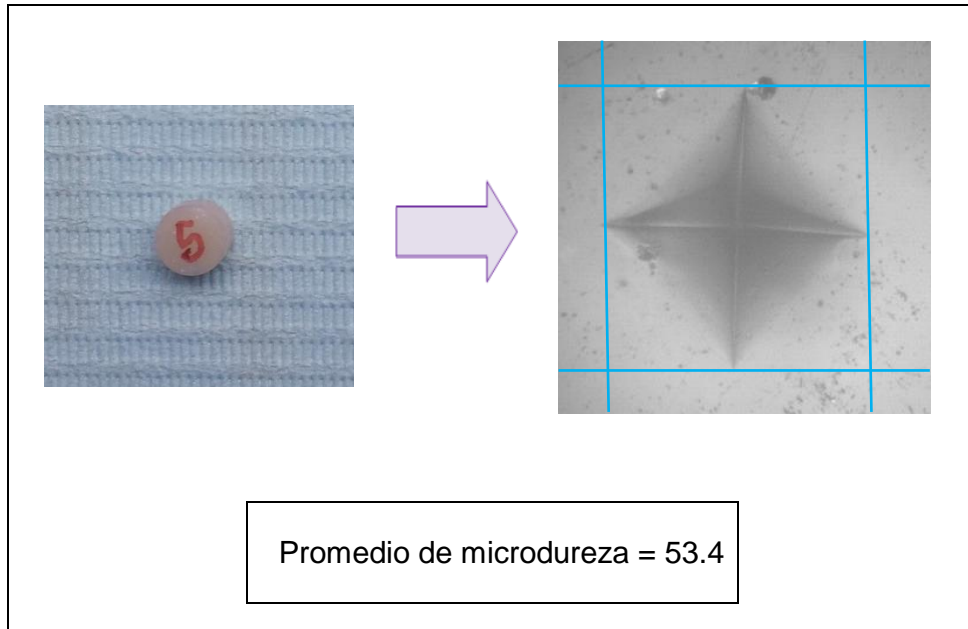
MUESTRA 4:

Indentación dejada en la muestra 2.



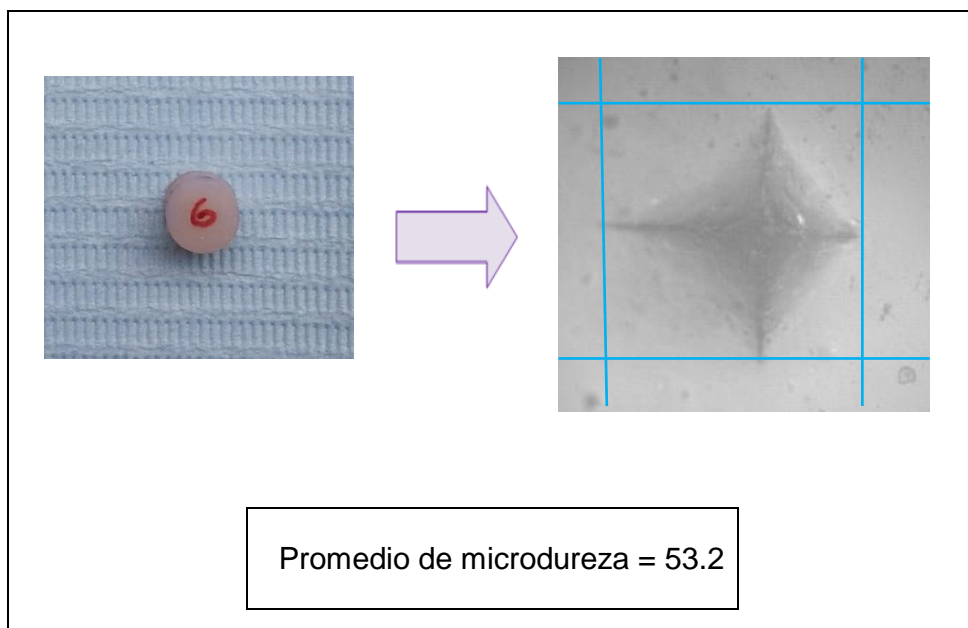
MUESTRA 5:

Indentación dejada en la muestra 5.



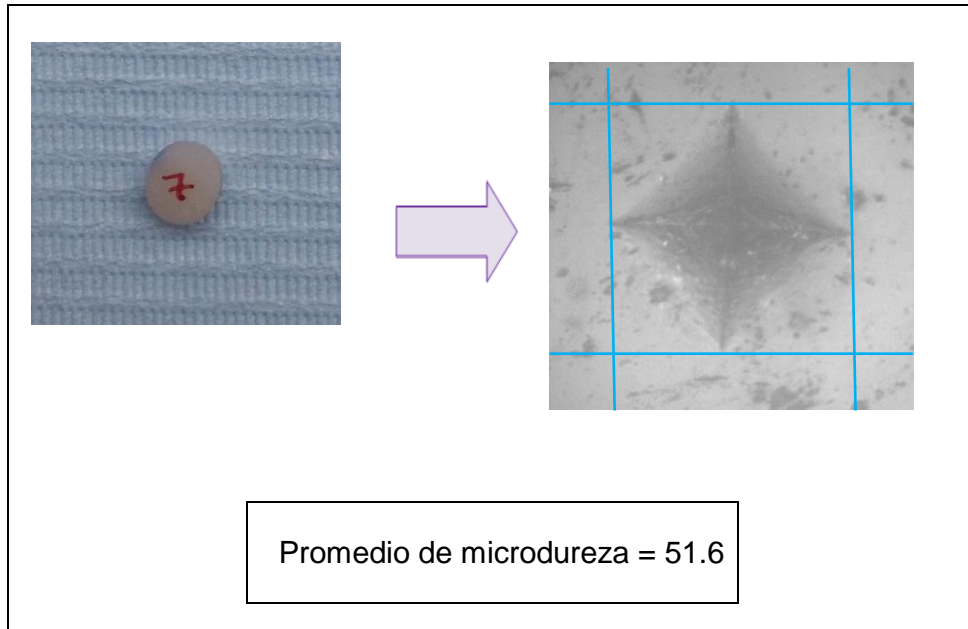
MUESTRA 6:

Indentación dejada en la muestra 6.



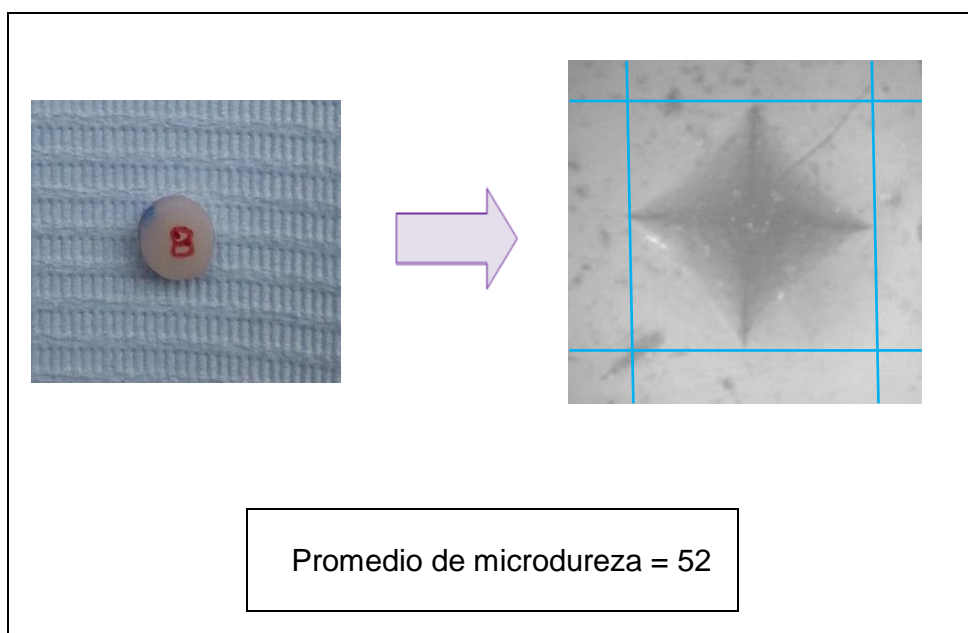
MUESTRA 7:

Indentación dejada en la muestra 7.



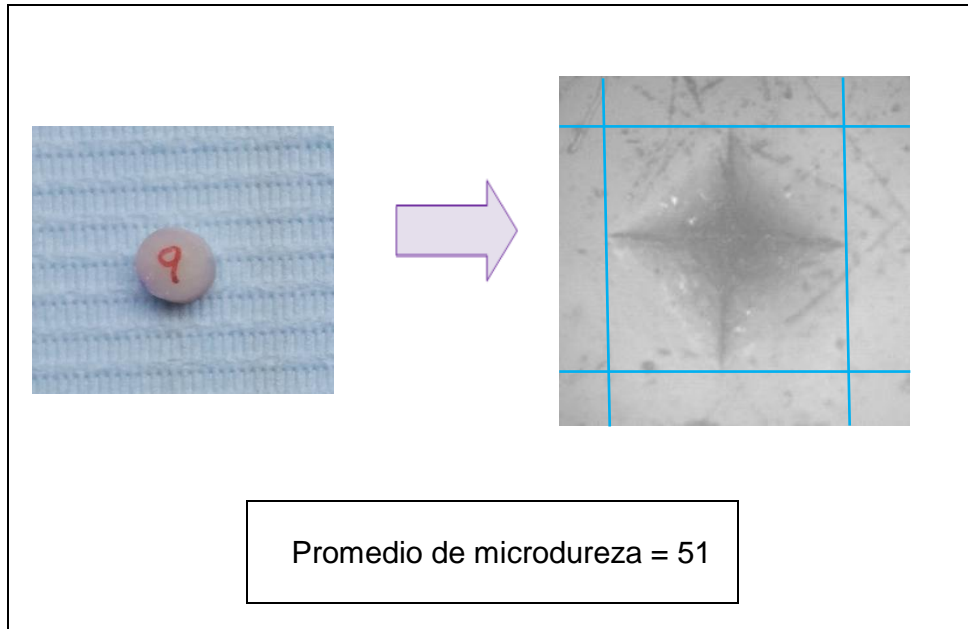
MUESTRA 8:

Indentación dejada en la muestra 8.



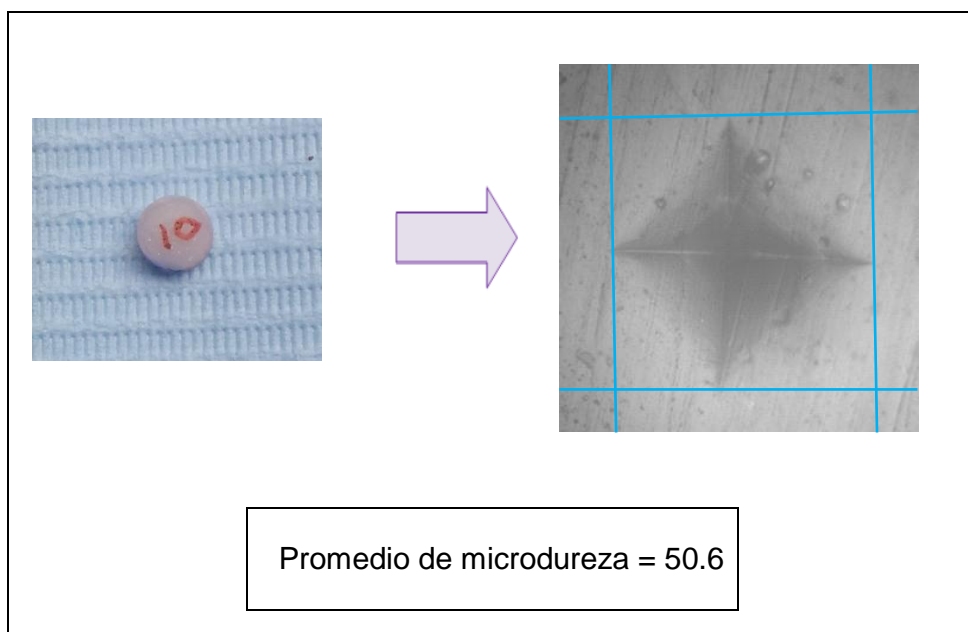
MUESTRA 9:

Indentación dejada en la muestra 9.



MUESTRA 10:

Indentación dejada en la muestra 10.



ANEXO 7: Cuadro de valores de microdureza superficial.

VALORES DE MICRODUREZA PARA LA RESINA A

	indentación 1	indentación 2	indentación 3	indentación 4	indentación 5	promedio
muestra 1	74	74	71	73	73	73
muestra 2	76	72	71	69	67	71
muestra 3	73	70	71	76	74	72.8
muestra 4	71	71	74	72	74	71.2
muestra 5	71	75	72	67	73	71.6
muestra 6	76	73	71	68	72	72
muestra 7	74	77	75	75	76	75.4
muestra 8	72	70	77	74	76	73.8
muestra 9	75	74	77	77	75	75.6
muestra 10	71	70	74	73	69	71.4

VALORES DE MICRODUREZA PARA LA RESINA B

	indentación 1	indentación 2	indentación 3	indentación 4	indentación 5	promedio
muestra 1	50	49	49	50	50	49.6
muestra 2	52	52	52	49	54	51.8
muestra 3	44	54	54	55	53	52
muestra 4	50	49	52	51	49	50.2
muestra 5	53	54	51	53	56	53.4
muestra 6	51	52	53	52	58	53.2
muestra 7	53	51	51	54	49	51.6
muestra 8	53	51	52	52	52	52
muestra 9	51	50	49	50	55	51
muestra 10	51	50	49	50	53	50.6

